

Conference Proceedings, Published Version

**Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.)**

**Eurocodes für den Verkehrswasserbau**

Kolloquium am 8. und 9. Oktober 2012 in Karlsruhe

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/101968>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2012): Eurocodes für den Verkehrswasserbau.

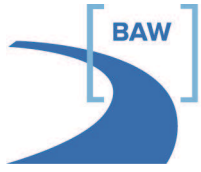
Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.

**Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

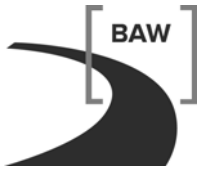
# BAWKolloquium

## Tagungsband

Eurocodes für den Verkehrswasserbau  
8. und 9. Oktober 2012 in Karlsruhe







## Programm

**Montag, 8. Oktober 2012**

**13:00 Uhr Begrüßung**

**13:15 Uhr Bauaufsichtliche Einführung der Eurocodes über die WLTB**

*Dipl.-Ing. G. Peschken (BMVBS, Referat WS 12, Bonn)*

Mit einer überarbeiteten „Wasserbauspezifischen Liste der Technischen Baubestimmungen“ (WLTB) werden die Eurocodes und mit ihnen zusammenhängende Regelwerke für den Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung eingeführt. Die Neuerungen und Besonderheiten werden dargestellt.

**14:00 Uhr Sicherheitskonzept und Einwirkungen für Verkehrswasserbauwerke**

*Dipl.-Ing. C. Kunz (BAW)*

Ein kurzer Abriss über das Sicherheitskonzept (DIN EN 1990) und die Einwirkungen (Reihe DIN EN 1991) der Eurocodes wird in Bezug gestellt zu DIN 19702, die wasserbauspezifische Belange für massive Wasserbauwerke regelt.

**14:30 Uhr Pause**

**15:00 Uhr Tragwerke aus Stahlbeton**

*Dipl.-Ing. R. Ehmann (BAW)*

Die bisherige Bemessungsnorm für den Massivbau, die DIN 1045-1, wird durch DIN EN 1992-1-1 (EC 2, Teil 1-1) ersetzt. Die sich daraus ergebenden Änderungen bei Wasserbauwerken mit Bezug auf DIN 19702 und ZTV-W 215 werden dargestellt.

**15:30 Uhr Rissbreitenbegrenzung nach BAW-Merkblatt „Früher Zwang“**

*Dr.-Ing. J. Bödefeld (BAW)*

Die Bemessung für frühen Zwang wurde auf ein neues, mechanisch konsistentes Modell umgestellt, was zu einer wesentlichen Vereinfachung der Vorgehensweise führt. Die Grundzüge werden dargestellt und das Vorgehen an Beispielen erläutert.

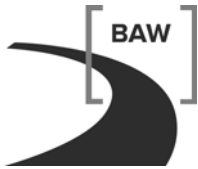
**16:00 Uhr Pause**

**16:30 Uhr Beton und Bauausführung für massive Wasserbauwerke**

*Dipl.-Ing. A. Westendarp (BAW)*

In den Bereichen Beton und Bauausführung haben sich vor dem Hintergrund der Umstellung auf Eurocodes, aber auch aufgrund technischer Weiterentwicklungen und Erfahrungen mit der ZTV-W LB 215 (Ausgabe 2004) Änderungen ergeben, über die berichtet wird.

**18:00 Uhr Geselliger Abend (Buffet)**



## Programm

**Dienstag, 9. Oktober 2012**

**08:30 Uhr    Der Eurocode für den Stahlbau**

*Dipl.-Ing. M. Deutscher (BAW)*

Aufbau und Inhalt der Bemessungsnorm DIN EN 1993 werden dargestellt. Dabei sind insbesondere die den Stahlwasserbau betreffenden Regelwerksteile mit Bezug zur DIN 19704 von Bedeutung. Wesentliche Änderungen in der Berechnung von Stahltragwerken im Vergleich zur DIN 18800 werden aufgezeigt.

**09:00 Uhr    Stahlwasserbau nach DIN 19704**

*Dipl.-Ing. U. Fischer (BMVBS, Referat WS 12, Bonn),*

*Dipl.-Ing. F. Winter (W&S Ingenieure, Wunstorf)*

Die Teile 1 bis 3 der DIN 19704, Stahlwasserbauten, liegen in einer Entwurfsfassung vor. Der Beitrag behandelt die in DIN 19704 eingearbeiteten neueren Erkenntnisse im Stahlwasserbau sowie die Berücksichtigung von DIN EN 1993.

**09:30 Uhr    Ausführung von Stahlbauten**

*Dipl.-Ing. U. Gabrys (BAW)*

DIN EN 1090 ersetzt DIN 18800-7 und regelt die Ausführung von Stahltragwerken und im speziellen auch die Ausführung von Stahlwasserbauten. Anhand von Beispielen sollen Planungshilfen vorgestellt und deren Umsetzung in die Praxis erläutert werden.

**10:00 Uhr    Pause**

**10:30 Uhr    Erdbebenbeanspruchung für Verkehrswasserbauwerke**

*Prof. Dr.-Ing. L. Stempniewski (KIT),*

*Dipl.-Ing. G. Maltidis (BAW)*

Möglichkeiten zur Berücksichtigung der Einwirkung „Erdbeben“ bei Verkehrswasserbauwerken werden anhand internationaler Vergleiche, zur Verfügung stehender Modellverfahren sowie der Möglichkeiten in DIN EN 1998 dargestellt und bewertet. Ein laufendes Forschungsvorhaben erarbeitet Folgerungen für die Praxis.

**11:00 Uhr    Anwendungsfreundliche Tragwerksnormen**

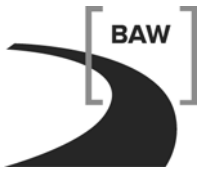
*Prof. Dr.-Ing. V. Sigrist (TU Hamburg-Harburg)*

Unter der BMVBS-Initiative „Zukunft Bau“ wurde ein Forschungsprojekt durchgeführt, dessen Zielsetzung die Klärung der Randbedingungen für das Normenschaftern in Europa und Deutschland, die Entwicklung eines Konzepts für zukünftige Normen und die Erarbeitung eines Vorschlags für die Organisation des Normenschafterns umfasste.

**11:30 Uhr    Diskussion zur Eurocode-Einführung**

Gelegenheit zu Fragen aus verkehrswasserbaulicher Sicht.

**12:00 Uhr    Schlusswort**



## Liste der Referenten

Bödefeld, Dr.-Ing. Jörg

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
joerg.boedefeld@baw.de

Deutscher, Martin

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
martin.deutscher@baw.de

Ehmann, Rainer

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
rainer.ehmann@baw.de

Fischer, Uwe

Bundesministerium für Verkehr, Bau und  
Stadtentwicklung  
Robert-Schuman-Platz 1  
53175 Bonn  
uwe.fischer@bmvs.bund.de

Gabrys, Ulrike

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
ulrike.gabrys@baw.de

Kunz, Claus

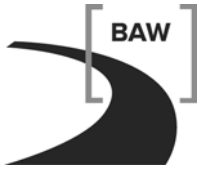
Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
claus.kunz@baw.de

Maltidis, Georgios

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
georgios.maltidis@baw.de

Peschken, Gabriele

Bundesministerium für Verkehr, Bau und  
Stadtentwicklung  
Robert-Schuman-Platz 1  
53175 Bonn  
gabriele.peschken@bmvs.bund.de



Sigrist, Prof. Dr.-Ing. Viktor

TU Hamburg-Harburg  
Denickestraße 17  
21073 Hamburg  
sigrist@tu-hamburg.de

Stempniewski, Prof. Dr.-Ing. Lothar

KIT Karlsruher Institut für Technologie  
Gotthard-Franz-Straße 3  
76131 Karlsruhe  
lothar.stempniewski@kit.edu

Westendarp, Andreas

Bundesanstalt für Wasserbau  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
andreas.westendarp@baw.de

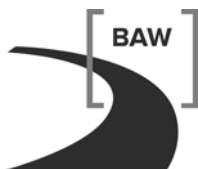
Winter, Frank

W&S Ingenieure  
Mittelstraße 1  
31515 Wunstorf  
f.winter@ws-ing.de

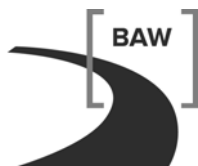
## Teilnehmerliste

Name	Firma	Ort
Adel, Jürgen	Wasserstraßen-Neubauamt	Aschaffenburg
Allgäuer, Frank	IRS GmbH	Würzburg
Allmann, Brigitte	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft	Kleinstheim
Anke, Jens	Wasser- und Schifffahrtsamt	Kiel
Anwikar, Dr. Anil	ANWIKAR CONSULTANTS	Würzburg
August, Pia	Wasser- und Schifffahrtsamt	Nürnberg
Bastuck, Karlheinz	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Bauer, Helmut	Wasser- und Schifffahrtsamt	Trier
Benthaus, Mark	Wasser- und Schifffahrtsamt	Rheine
Biskupek, Dirk	Neubauamt für den Ausbau des MLK	Hannover
Blanke, Kerstin	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Bölling, Dirk	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Börner, Volkmar	RMD-Consult GmbH	München
Borstelmann, Hans-Heinrich	Wasser- und Schifffahrtsamt	Regensburg
Braun, Norman	Wasserstraßen-Neubauamt	Aschaffenburg
Bräutigam, Martin	König und Heunisch Planungsgesellschaft	Frankfurt am Main
Breitenstein, Jens	RMD Wasserstraßen GmbH	München
Cakir, Veli	Knabe Enders Dührkop Ingenieure GmbH	Hamburg
Daugel, Alexander	IRS GmbH	Würzburg
Deuchler, Frank	Ingenieurgruppe Bauen	Karlsruhe
Dietrich, Rolf	Wasserstraßen-Neubauamt	Berlin
Distler, Bernd	Kubens Ingenieurgesellschaft mbH	Erfurt
Döhler, Roland	Ing. Büro Döhler	Neustrelitz
Dorn, Silke	Wasserstraßen-Neubauamt	Aschaffenburg
Drasdo, Kai	Wasser- und Schifffahrtsamt	Eberswalde
Duensing, Jörg	Grontmij GmbH	Hannover
Ebenhöck, Robert	Wasser- und Schifffahrtsamt	Regensburg
Ebers-Ernst, Jeanette	Grontmij GmbH	Hannover
Egner, Dr. Ralf	Ingenieurgruppe Bauen	Karlsruhe
Einhoff, Lutz	Neubauamt für den Ausbau des MLK	Hannover

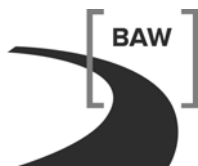




Name	Firma	Ort
Eisel, Sebastian	Wasser- und Schifffahrtsamt	Nürnberg
Engel, Andreas	Chem. Techn. Laboratorium Heinrich Hart GmbH	Neuwied
Fändrich, Thomas	Wasser- und Schifffahrtsamt	Heidelberg
Fischer, Norbert	Wasser- und Schifffahrtsamt	Trier
Flöter, Holger	Johann Bunte GmbH & Co KG	Bad Bentheim
Focks, Franz-Josef	Wasser- und Schifffahrtsamt	Rheine
Freitag, Andreas	IRS GmbH	Würzburg
Freyer, Uwe	IWU Ingenieur GmbH	Neuruppin
Fridrich, Bernhard	Wasser- und Schifffahrtsamt	Wilhelmshaven
Gass, Joachim	Reck + Gass Ing. Gesellschaft	Horb a. N.
Gastmeyer, Dr. Ralf	Krebs und Kiefer GmbH	Berlin
Gebken, Norbert	Wasser- und Schifffahrtsamt	Meppen
Gheorghiu, Dumitru	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft	Kleinostheim
Glaser, Dr. Ronny	INROS LACKNER AG	Cottbus
Glockner, Lukas	SKI GmbH & Co. KG	München
Göppert, Detlef	ADE-Werk GmbH	Offenburg
Grabau, Jürgen	Wasser- und Schifffahrtsamt	Bremen
Gräfe, Ingo	SEE-Ingenieure	Emden
Gramse, Johannes	IMS Ingenieurgesellschaft	Hamburg
Gulde, Peter	SGHG Prüf- & Planungsges. Bautechnik mbH	Halle an der Saale
Harmann, Nico	Wasser- und Schifffahrtsamt	Rheine
Harms, Ralf	Wasser- und Schifffahrtsamt	Wilhelmshaven
Hasting-Popp, Lars	ZERNA Baumanagement GmbH	Hamburg
Hatzius, Klaus	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft	Kleinostheim
Heil, Thorsten	RMD Wasserstraßen GmbH	München
Henkel-Grabowski, Tanja	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Henningsen, Hauke	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord	Kiel
Herbort, Johannes	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover
Herten, Dr. Markus	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Heyer, Torsten	Wasserstraßen-Neubauamt	Magdeburg
Hildenbrand, Frank	Amt für Neckarausbau	Heidelberg



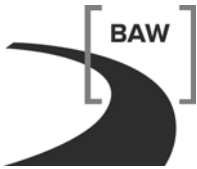
Name	Firma	Ort
Hoepfner, Frank	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Hosnowsky, Martin	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Höß, Richard	Ingenieurgruppe Bauen	Mannheim
Hüller, Sabine	Wasserstraßen-Neubauamt	Berlin
Huxoll, Helge	SAF der WSV, WSD Mitte	Hannover
Jander, Albert	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Jenrich, Dr. Holger	Spezialbau Engineering GmbH	Magdeburg
Jentzsch, Michael	Wasser- und Schifffahrtsamt	Saarbrücken
Johmann, Stephan	Krebs und Kiefer GmbH	Karlsruhe
Jörgens, Ralf	Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH	Hannover
Karpa, Markus	Ingenieurbüro Grassl GmbH	München
Keller, Christine	Ingenieurbüro Keller	Uelzen
Kieckbusch, Edmund	Ing. Büro Döhler	Neustrelitz
Kieseling, Klaus	NLWKN	Aurich
Kötz, Harold	Grontmij GmbH	Hannover
Kramer, Toralf	Tiefbauamt Karlsruhe	Karlsruhe
Krause, Stephanie	Wasserstraßen-Neubauamt	Helmstedt
Kreutz, Norbert	Wasser- und Schifffahrtsamt	Koblenz
Kühnapfel, Jens	Institut für Stahlbau Leipzig GmbH	Leipzig
Kunze, Jürgen	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft	Kleinostheim
Küßner, Matthias	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte	Hannover
Lange, Uwe	Krebs und Kiefer GmbH	Karlsruhe
Langjahr, Uwe	Wasserstraßen-Neubauamt	Aschaffenburg
Latte, Sören	IMS Ingenieurgesellschaft	Hamburg
Lindlar, Dr. Hans-Gerd	Krebs und Kiefer GmbH	Berlin
Maier, Christoph	Ed. Züblin AG - Zentrale Technik, Abt. TB Tiefbau	Stuttgart
Masemann, Jan	Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Horst Wehner	Bremen
Maßmann, Birgit	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
May, Alexander	Spezialbau Engineering GmbH	Magdeburg
Mayer, Andreas	Ed. Züblin AG - Zentrale Technik, Abt. TB Tiefbau	Stuttgart
Melzer, Dr. Judith	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover



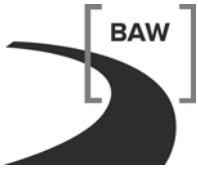
Name	Firma	Ort
Meyenburg, Irene	Wasser- und Schifffahrtsamt	Duisburg-Meiderich
Mikatsch, Christoph	Ingenieurgruppe Bauen	Mannheim
Mücher, Frithjof	Ingenieurbüro für Baustatik Mücher	Aschaffenburg
Müller, Hilmar	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Müller, Christian	Wasser- und Schifffahrtsamt	Freiburg
Müller, Gerhard	Wasser- und Schifffahrtsamt	Regensburg
Müller, Raphael	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord	Kiel
Münz, Sascha	Chem. Techn. Laboratorium Heinrich Hart GmbH	Neuwied
Nachtrab, Bettina	Wasser- und Schifffahrtsamt	Nürnberg
Nolte, Gerhard	Ingenieurbüro Nolte GmbH	Frankenberg
Nowakowski, Bernd	Wasserstraßen-Neubauamt	Magdeburg
Nunez Santana, Vladimir Emilio	Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH	Weimar
Obendorf, Stefan	PTW Planungsgemeinschaft Tief- und Wasserbau GmbH	Dresden
Peters, Rolf	Ed. Züblin AG - Zentrale Technik, Abt. TB Tiefbau	Stuttgart
Peters, Rolf	NLWKN	Aurich
Pieper, August	Wasser- und Schifffahrtsamt	Rheine
Pommerening, Dr. Dieter	König und Heunisch Planungsgesellschaft	Frankfurt am Main
Rahimi, Amir	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Richter, Torsten	PTW Planungsgemeinschaft Tief- und Wasserbau GmbH	Dresden
Riddermann, Burkhard	Johann Bunte GmbH & Co KG	Bad Bentheim
Riemann, Robert	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Rippel, Timo	Chem. Techn. Laboratorium Heinrich Hart GmbH	Neuwied
Rößler, Alexander	IBS - Industriebarrieren und Brandschutztechnik	Thierhaupten
Rückert, Benjamin	WTM Engineers	Hamburg
Saathoff, Joachim	Neubauamt für den Ausbau des MLK	Hannover
Sattler, Timm	IRS GmbH	Würzburg
Schäfer, Roland	Wasser- und Schifffahrtsamt	Heidelberg
Schäfers, Dr. Matthias	IRS GmbH	Würzburg



Name	Firma	Ort
Schalk, Peter	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Scherf, Thomas	Wasserstraßen-Neubauamt	Helmstedt
Schilke, Cathy	Wasser- und Schifffahrtsamt	Brunsbüttel
Schmeling, Wilfried	Bröggelhoff GmbH	Oldenburg
Schmidt, Jan	RMD Wasserstraßen GmbH	München
Schneider, Petra	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest	Mainz
Schömig, Ulrike	Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft	Kleinostheim
Schulze, Frank	Institut für Stahlbau Leipzig GmbH	Leipzig
Schum, Stefan	König und Heunisch Planungsgesellschaft	Frankfurt am Main
Schütte, Hermann-Josef	Wasser- und Schifffahrtsamt	Meppen
Schwenke, Stephan	Wasser- und Schifffahrtsamt	Trier
Silaghi, Sorin	IRS GmbH	Würzburg
Skrezek-Boß, Matthias	Wasserstraßen-Neubauamt	Datteln
Spang, Joachim	WTM Engineers	Hamburg
Spörel, Dr. Frank	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Stauder, Florian	Bundesanstalt für Wasserbau	Karlsruhe
Stein, Katrin	Wasser- und Schifffahrtsamt	Schweinfurt
Stoeck, Detlef	Wayss & Freytag AG	Hamburg
Stoll, Claudia	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Symens, Matthias	SEE-Ingenieure	Emden
Täger, Henrik	Wasserstraßen-Neubauamt	Magdeburg
Tannenberg, Jörg	Wasser- und Schifffahrtsamt	Eberswalde
Thyßen, Heinz-Jakob	Wasser- und Schifffahrtsamt	Rheine
Tranel, Dr. Günter	Eriksen und Partner GmbH	Oldenburg
Vieth, Heinz-Josef	Krebs und Kiefer GmbH	Karlsruhe
Voigt, Carsten	grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG	Hannover
Wagner, Reiner	ehem. Bundesanstalt für Wasserbau	Waldbronn
Wagner, Thomas	Institut für Stahlbau Leipzig GmbH	Leipzig
Walter, Bernd	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Wanke, Ingo	König und Heunisch Planungsgesellschaft	Frankfurt am Main
Wehner, Horst	Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Horst Wehner	Bremen



<b>Name</b>	<b>Firma</b>	<b>Ort</b>
Weigelt, Mathias	LGA KdöR Prüfamnt für Standicherheit	Nürnberg
Wellenbrock, Ingo	INROS LACKNER AG	Bremen
Wienholz, Dr. Bernd	Eriksen und Partner GmbH	Oldenburg
Wienke, Jan	Wasser- und Schifffahrtsamt	Bremen
Wiest, Robert	Amt für Neckarausbau	Heidelberg
Zühlke, André	ANWIKAR CONSULTANTS	Würzburg



# **Kurzfassungen der Vorträge**



## **Bauaufsichtliche Einführung der Eurocodes über die WLTB**

Dipl.-Ing. G. Peschken (BMVBS)

### 1. Voraussetzungen:

Nach unserer Verfassung liegt die Verwaltungskompetenz grundsätzlich bei den Ländern, mit einigen Ausnahmen, die dem Bund obliegen. So verfasst, verwaltet die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes die Bundeswasserstraßeninfrastruktur, das sind die als Binnenwasserstraßen dem allgemeinen Verkehr dienenden Gewässer hinsichtlich des Verkehrsbezugs und die Seewasserstraßen. Die Verantwortlichkeit für die bundeseigenen wasserbaulichen Anlagen ist in § 48 Wasserstraßengesetz wie folgt definiert: „Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes ist dafür verantwortlich, dass die bundeseigenen Schifffahrtsanlagen und Schifffahrtszeichen sowie die bundeseigenen wasserbaulichen Anlagen allen Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Behördlicher Genehmigungen, Erlaubnisse und Abnahmen bedarf es nicht.“

Aus dieser Eigenverantwortung für die Planung, Genehmigung und Durchführung ihrer Bau-, Betriebs- und Unterhaltungsaufgaben begründet sich die Organisation des gesamten Bauordnungs wesens für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung.

Für die WSV legt das BMVBS als Oberste Bauaufsichtsbehörde technische Regelungen als Technische Baubestimmungen fest und führt diese ein. 1988 wurde diese Verpflichtung durch das BGH-Urteil zum Einsturz der Hessenweg-Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal untermauert.

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass Wasserbauwerke durch die ständige Einwirkung des Mediums Wasser geprägt sind. Unfälle bei Baumaßnahmen oder Schäden an Bauwerken, die ständiger Wasserbelastung ausgesetzt sind, haben in der Regel weitreichende Folgen. Beim Bau von Wasserbauwerken ist daher besondere Sorgfalt anzuwenden. Dies haben die Verantwortlichen sicherzustellen. Unbedingte Voraussetzung hierfür ist die nötige Fachkunde sowohl auf Seiten der Ingenieure der Verwaltung als auch auf Seiten der Ingenieurbüros und Baufirmen.

### 2. Die Eurocodes:

Die Eurocodes sind europaweit einheitliche Regeln für die Bemessung und Ausführung baulicher Anlagen. Der Prozess der Harmonisierung technischer Normen des Bauwesens in Europa begann im Jahr 1975. Vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) wurden zunächst 62 Vornormen entwickelt. Seit 1998 erfolgte die Umwandlung dieser Vornormen in Europäische Normen (EN) - mit Erprobung parallel zu den nationalen Normen. Ergebnis dieser Arbeit ist eine aus 58 Normenteilen bestehende Normenreihe – die „Eurocodes“.



EN 1990	Eurocode 0	Grundlagen der Tragwerksplanung
EN 1991	Eurocode 1	Einwirkungen auf Tragwerke
EN 1992	Eurocode 2	Bemessung und Konstruktion von Stahl- und Spannbetontragwerken
EN 1993	Eurocode 3	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
EN 1994	Eurocode 4	Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten
EN 1995	Eurocode 5	Bemessung und Konstruktion von Holzbauten
EN 1996	Eurocode 6	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten
EN 1997	Eurocode 7	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
EN 1998	Eurocode 8	Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
EN 1999	Eurocode 9	Bemessung und Konstruktion von Aluminiumkonstruktionen

Das erste Paket mit Eurocode 0 bis 5, 7 und 9 wurde mit Erlass WS 12/5257.15/1-6 vom 15.09.2012 für die WSV verbindlich eingeführt.

### 3. Form der bauaufsichtlichen Einführung:

Das BMVBS führt - analog zu dem Vorgehen der Länder nach den Landesbauordnungen - die von der WSV für den Bereich der Bundeswasserstraßen zu beachtenden spezifischen technischen Regeln, die zur Erfüllung der Anforderungen des Bauordnungsrechtes unerlässlich sind, bauaufsichtlich ein. Als Grundlage dient die Musterliste der Technischen Baubestimmungen (MLTB), die vom Deutschen Institut für Bautechnik im Auftrag der Bauverwaltungen der Länder regelmäßig erarbeitet wird. Sie wird um wasserstraßenspezifische Regelungen ergänzt.

Auch andere Verkehrsträger orientieren sich an der Musterliste der technischen Baubestimmungen - so gibt das Eisenbahnbundesamt (EBA) die „Eisenbahnspezifische Liste der Technischen Baubestimmungen(ELTB)“ bekannt. Somit ist die Struktur der MLTB bundesweit bei den Planern sowie den Baufirmen bekannt und es ist sinnvoll sie auch für den Bereich der Bundeswasserstraßen als Grundlage zu verwenden.

In der sogenannten „Wasserstraßenspezifischen Liste Technischer Baubestimmungen (WLTB)“ sind die technische Regeln enthalten, die bei der Auslegung des § 48 WaStrG hinsichtlich der „Anforderungen der Sicherheit und Ordnung“ heranzuziehen und zu beachten sind.

Die WLTB wird seit 2005 in regelmäßigen Abständen im WSV-Intranet veröffentlicht und über 100 Abonnenten aus Ingenieurbüros und Baufirmen zugesandt. Im Zuge der jetzt zum Stichtag 15.09.2012 erfolgten Einführung der Eurocodes wurde ein Großteil der bisher geltenden Normen und korrespondierende Regelwerke ersetzt. Gleichzeitig sind die Erfahrungen die in den letzten sechs Jahren mit der WLTB und dem gesamten TR-W gesammelt wurden, in die Überarbeitung eingeflossen. Hier die wichtigsten formalen Änderungen:

- Eine Vielzahl der Erlasse wurde aufgehoben. Darunter sind aus Gründen der Verwaltungseinfachung auch Erlasse, die nur die Einführung von Regelwerken ohne weitere Veranlassung für die Anwendung in der WSV zum Inhalt hatten. Die Regelwerke selbst bleiben in der WLTB aufgeführt und sind weiterhin gültig.
- Merkblätter oder ähnliche Regelwerke, die im Zuge der Anpassung an die Eurocodes geändert wurden, werden - wie Normen auch - nicht mehr gesondert mit Erlass sondern direkt mit Aufnahme in die WLTB bauaufsichtlich eingeführt.
- Um die Arbeit mit dem TR-W zu erleichtern, werden zukünftig zusätzliche Erlassregelungen zu Regelwerken an die Struktur der WLTB angepasst und so gegliedert, dass sie dem jeweiligen Abschnitt der WLTB direkt zugeordnet werden können.

#### 4. Inhaltliche Besonderheiten:

Inhaltlich sind mit der jetzt durchgeführten Umstellung auf Eurocodes keine grundlegenden Änderungen der Bemessungsphilosophie bzw. der Nachweisverfahren verbunden. Die Einführung des neuen Bemessungskonzeptes auf Basis von Teilsicherheitsbeiwerten erfolgte für die WSV bereits im Jahr 2004. Auf folgende Besonderheiten – die nicht Gegenstand der folgenden Beiträge oder des Geotechnischen Kolloquiums am 08.11.2012 in Hannover sind - wird ausdrücklich hingewiesen. Weitere Regelungen finden sich im Erlass WS 12/5257.15/1-6 vom 15.09.2012:

- Wird in Technischen Baubestimmungen, die noch nicht an die Eurocodes angepasst sind, auf nationale Normen verwiesen, dürfen anstelle dieser die in der Liste enthaltenen Eurocodes in Verbindung mit ihren Nationalen Anhängen angewendet werden.

Hierbei ist das „Mischungsverbot“ zu beachten: Die Bemessung einzelner Bauteile nach den noch nicht an die Eurocodes angepassten nationalen Normen ist nur zulässig, wenn diese einzelnen Bauteile innerhalb des Tragwerkes Teiltragwerke bilden. Die Schnittgrößen und Verformungen am Übergang vom Teiltragwerk zum Gesamttragwerk sind entsprechend der jeweiligen Norm zu berücksichtigen. Gleiches gilt auch für den Fall, dass das Gesamttragwerk nach nationalen Normen bemessen wird und Teiltragwerke nach den Eurocodes.

- Sofern die Nationalen Anhänge "NCI" (en: non-contradictory complementary information: nationale Festlegungen und ergänzende Regeln, die nicht im Widerspruch zum europäisch harmonisierten Normtext stehen) enthalten, sind diese Bestandteil der Technischen Baubestimmungen und damit zu beachten.

Beides sind grundlegende Festlegungen, die auch bei den Ländern gelten.

- Im EC 0 bzw. DIN 1990/NA wird der Begriff „Behörde“ wie auch der Begriff „Bauaufsichtsbehörde“ verwendet. Mit Behörde ist die Untere Bauaufsichtsbehörde gemeint. Bei entsprechenden Entscheidungen ist wie bisher die Bundesanstalt für Wasserbau einzubinden. Unter dem

Begriff „Bauaufsichtsbehörde“ ist für den Geschäftsbereich der WSV die Oberste Bauaufsichtsbehörde - das BMVBS zu verstehen.

- Die Anwendung der versuchsgestützten Bemessung in der Tragwerksplanung nach Abschnitt 5.2 des EC 0 erfordert die Zustimmung der Obersten Bauaufsichtsbehörde.
- Zusätzlich zu den Regelwerken der Musterliste der Technischen Baubestimmungen (MLTB) werden die Teile 1-5 „Temperatureinwirkungen“ und 1-6 „Einwirkungen während der Bauausführung“ des EC 0, einschließlich der nationalen Anhänge, für den Geschäftsbereich der WSV bauaufsichtlich eingeführt.
- Für die Anwendung des auch als „Handbuch Eurocode 7“ bezeichneten DIN EN 1997-1:2009:09, DIN EN 1997-1/NA:2010-12 in Verbindung mit DIN 1054:2010-12 und der Änderung A1 ist zu berücksichtigen, dass die Verweise auf korrespondierende Regelungen in der DIN 1054:2010-12 nicht aktuell sind. Wird in der DIN 1054:2010-12 auf die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB), die Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen, Häfen und Wasserstraßen“ (EAU), die Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EAP) und das Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD) verwiesen, sind für die Anwendung der DIN 1054:2010-12 die aktuellen Ausgaben, die auf Basis der Eurocodes erstellt wurden, für den Geschäftsbereich der WSV anzuwenden.
- Des Weiteren wurde die Änderung A1 zur DIN 1054:2010-12 bauaufsichtlich eingeführt – die bei Erscheinen der MLTB noch nicht vorlag.
- Die Anpassung der DIN 19702 wird durch eine A1-Änderung vollzogen (derzeit noch im Entwurf).
- Die Umstellung der Regelwerke für den Brückenbau erfolgt analog dem Vorgehen der Abteilung Straßenbau des BMVBS voraussichtlich zum 01.12.2012.

#### 5. Modalitäten der Stichtagsregelung:

Für alle neuen Planungen im Wasserbau gelten ab dem Stichtag 15.09.2012 die Eurocodes. Wie auch in den Bundesländern Bayern, Hessen und Bremen gibt es für den Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung eine Übergangsregelung. Die Einzelheiten sind in der folgenden Abbildung zusammengestellt:

Modalitäten der Stichtagsregelung				
	15.09.2012	15.12.2012	15.09.2013	15.09.2014
(1)	Gültigkeit der Eurocodes für alle Planungen im Geschäftsbereich der WSV			
(2)	laufende Baumaßnahmen* sind auf Grundlage der vertraglich vereinbarten Regelwerke auszuführen und abzunehmen			
(3)	Genehmigung Entwurf AU oder TB ohne Berücksichtigung der Eurocodes, bei	Ausschreibung und Durchführung der Baumaßnahme mit Fertigstellung bis 14.09.2014		
(4)	liegen vor dem Stichtag genehmigte Planungen ohne Berücksichtigung der Eurocodes vor, können diese bis zum 14.09.2013 dem Vergabeverfahren zugrunde gelegt werden, bei		Durchführung und Fertigstellung der Baumaßnahme bis 14.09.2013	
(5)	liegen vor dem Stichtag genehmigte Planungen ohne Berücksichtigung der Eurocodes vor, können diese auch bei längeren Bauzeiten mit Genehmigung des BMVBS dem Vergabeverfahren zugrunde gelegt werden			
bauvertragliche Regelung erforderlich (6)				

\* = Baumaßnahmen, bei denen das Vergabeverfahren bereits begonnen wurde oder die bereits beauftragt wurden  
(1) ... (6) beziehen sich auf den Erlass WS 12/5257.15/1-6 vom 15.09.2012

Abb. 1: Modalitäten der Stichtagsregelung

Da die WSV auch Bauherr ist, ist zu beachten, dass korrespondierende Regelwerke zu den Technischen Baubestimmungen - wie z.B. einige Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - noch nicht an die Eurocodes angepasst sind und deshalb sorgfältige Formulierungen im Bauvertrag für den Einzelfall erforderlich sind.

## 6. Fazit:

Die Umstellung bedeutet keinen Paradigmenwechsel wie seinerzeit der Umstieg vom globalen Sicherheitssystem auf das Teilsicherheitskonzept. Die grundlegenden Bemessungskonzepte der nationalen Normen und der Eurocodes sind aufeinander abgestimmt, so dass sich die Änderungen in Grenzen halten. Dennoch werden in der Umstellungsphase Probleme und Schwierigkeiten nicht ausbleiben. Etwaige Unstimmigkeiten, die im Rahmen der Bearbeitung von Verkehrswasserbaumaßnahmen festgestellt werden, können formlos an [ref-ws12@bmvs.bund.de](mailto:ref-ws12@bmvs.bund.de) übermittelt werden.



## **Sicherheitskonzept und Einwirkungen für Verkehrswasserbauwerke**

Dipl.-Ing. C. Kunz (BAW)

### **1 Einleitung**

Mit dem Ziel, Handelshindernisse abzubauen und Ausschreibungen zu harmonisieren, sollte durch die europäische Gemeinschaft ein einheitlicher europäischer Standard erreicht werden. Die Europäische Kommission beschloss daher im Jahre 1975 ein Programm zur Beseitigung von Handelshemmnissen im Baubereich, worauf in den 1980er Jahren erste Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau entwickelt wurden. Zentraler Bestandteil der Eurocodes ist das semi-probabilistische Teilsicherheitskonzept, das in Deutschland mit Überlegungen in [GruSiBau, 1981] bekannt gemacht wurde. Das Teilsicherheitskonzept war seinerzeit als ein neues Konzept die einzige Lösung, weil eine Einigung auf ein existierendes Konzept bzw. auch eine Angleichung nicht zustande kam [Wikipedia, 2009]. Das erforderliche Sicherheitsniveau für ein Bauwerk oder Bauteil sollte dadurch erreicht werden, dass man alle Einflussgrößen genau untersucht und ihnen Teilsicherheiten zuordnet.

1989 wurde diese Aufgabe von der Europäischen Kommission dem CEN, der Europäischen Normungsorganisation, übergeben. Zunächst erschienen Anfang der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts die Eurocodes als Europäische Vornormen (ENV), die mit sogenannten Nationalen Anwendungsdokumenten (NAD) probeweise zur Anwendung eingeführt wurden. Sie enthielten sogenannte "boxed values" als Werte, aber auch Öffnungen zu Methoden, über die nationale Unterschiede hinsichtlich Bauarten, Sicherheitsanforderungen und klimatischen Gegebenheiten berücksichtigt werden konnten.

Seit 1997 wurden diese Vornormen in Europäische Normen (EN) überführt, wobei die „boxed values“ nunmehr zu „National Determined Parameter (NDP)“ wurden, die in „Nationalen Anhängen (NA)“ die jeweils nationalen Bedürfnisse berücksichtigen ließen. Deutschland hatte sich Anfang 2000 dazu entschieden, zunächst nochmals eine nationale Normung auf der Basis der Eurocodes zu erarbeiten, so dass die zuletzt abgelöste Normen-Generation bereits weitestgehend Eurocode-ähnlich war. In Deutschland wurden die meisten Eurocodes als DIN EN mit ihren Nationalen Anhängen zum nahezu letztmöglichen Termin Dezember 2010 veröffentlicht, einige wenige erst später.

Zum 15.09.2012 hat das BMVBS, Abteilung Wasserstraßen, Schifffahrt, über die technischen Regeln Wasserbau (TR-W) bzw. die Wasserbauspezifische Musterliste der Technischen Baubestimmungen (WLTB) die für den Verkehrswasserbau relevanten Eurocodes und mitgeltenden Baubestimmungen bauaufsichtlich eingeführt. Hinsichtlich Sicherheitskonzept und Einwirkungen sind für den Verkehrswasserbau dabei die Normen DIN EN 1990 (2010-12), einige Normen der Reihe DIN EN 1991-1 (2010-12) sowie für massive Wasserbauwerke DIN 19702 (2010-06) in Verbindung mit

der A1-Änderung, derzeit noch Entwurf (2012-05), als wasserbauliche Klammer von Bedeutung. DIN 19702 (2010) orientiert sich weitestgehendst an den Prinzipien des Eurocodes und behandelt die Schnittstelle der zum Teil noch unterschiedlich regelnden Normen des konstruktiven Ingenieurbaus und der Geotechnik. Das Zusammenwirken von „neuen“ Eurocodes und wasserbaulicher Normung lässt sich daher gut am Beispiel der DIN 19702 (2010) darstellen.

## 2 Das neue Sicherheitskonzept

### 2.1 Grundlagen des neuen Sicherheitskonzeptes

Nach dem „neuen“ Normenkonzept werden Bauwerke und Bauteile nach dem bauartübergreifenden Sicherheitskonzept gemäß DIN EN 1990 (2010) „Eurocode, Grundlagen der Tragwerksplanung“, bemessen und ausgeführt. Prinzipiell liegt hier kein Unterschied zu der nationalen Vorgänger-Norm DIN 1055-100 (2001) vor.

Theoretischer Hintergrund ist ein nutzungsdauer-orientiertes Sicherheitskonzept, nach dem die Sicherheit von Bauwerken und Bauteilen durch eine Ziel-Zuverlässigkeit  $\beta$  über die geplante Nutzungsdauer  $T_N$  zu gewährleisten ist. Für Zielzuverlässigkeit und Nutzungsdauer gibt es nach DIN EN 1990 (2010) Empfehlungen, so dass für eine Bemessungsaufgabe – und auch für einschlägige Normungen – immer auch die Angabe von  $\beta$  und  $T_N$  hinterlegt sein sollte. Die Zuverlässigkeit  $\beta$  lässt sich in eine Versagenswahrscheinlichkeit umrechnen.

Anders als man es früher beim globalen Sicherheitskonzept, bei dem in der Regel die gesamte Sicherheit auf der Material- bzw. Widerstandsseite berücksichtigt wurde, kannte, bedeutet das neue Sicherheitskonzept die Gewährleistung der Zuverlässigkeit über die Nutzungsdauer, was neben der Berücksichtigung von Modellunsicherheiten (z.B. statisches Modell, Modell der Verteilungen, ...) die Berücksichtigung der streuenden Basisvariablen aus Einwirkungen und Materialien beinhaltet, vgl. Bild 1 mit der prinzipiellen Darstellung von streuenden und sich über die Zeit verändernden Variablen.

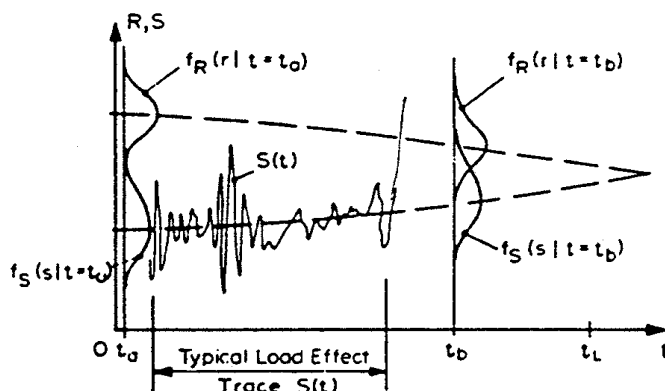


Bild 1: Konzept der Lebensdauerbemessung über zeitabhängige Einflüsse, nach DIAMANTIDIS, 1999

Die Ziel-Zuverlässigkeit bzw. die zugehörige Versagenswahrscheinlichkeit ist dabei nur eine operative Größe, die jeweils nur in einem relevanten Bauteil-Schnitt und nur für jeweils ein Nachweisformat (also z.B. Biegung mit Längskraft, Querkraft, ...) gilt. Ein Zusammenhang zu einer tatsächlichen Gesamt-Zuverlässigkeit besteht zunächst nicht, wäre aber durchaus wünschenswert. Über die operative Zuverlässigkeit will man bauartübergreifend ein konsistentes Sicherheitsniveau erreichen, was allerdings – aus der Praxis gesprochen – noch Jahre dauern wird.

Wasserbauwerke gelten als Infrastrukturbauwerke und werden mit einer Ziel-Zuverlässigkeit  $\beta = 3,8$  über die Nutzungsdauer  $T_N = 100$  Jahre eingestuft, was auch durch DIN 19702 (2010) aufgegriffen wurde.

Zwecks Vereinfachung für die Praxis wird das (theoretische) Sicherheitsskonzept über eine Methodik aus charakteristischen Werten für die Basisvariablen (Einwirkungen, Widerstände) und über Teilsicherheitsbeiwerte (Abhängigkeit von der Art der Einwirkung und der Bemessungssituation, aber auch günstige und ungünstige Wirkung) praktiziert.

Wesentliche Neuerungen von DIN EN 1990 (2010) zu der vorherigen DIN 1055-100 (2001) liegen in einer differenzierteren Nachweisführung bei der Lagesicherheit von Bauteilen (Nachweisformat: EQU), dem Versagen infolge Überschreitens der Materialfestigkeit oder durch übermäßige Verformung (Nachweisformat: STR), dem Verlust der Tragfähigkeit unter wesentlicher Beteiligung des Baugrunds (Nachweisformat: GEO) und dem Versagen infolge Materialermüdung (Nachweisformat: FAT). Darüber hinaus lassen sich nunmehr für eine Bemessung Zuverlässigkeitsklassen berücksichtigen, die auf Schadensfolgen bei einem Tragwerksversagen basieren, Überwachungsklassen bei Planung und Ausführung berücksichtigen sowie Tragwerke in Nutzungsdauerklassen einteilen.

## **2.2 Handhabung des Sicherheitskonzeptes**

Für Nachweise in den Grenzzuständen von Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit muss das Bauteil bzw. Tragwerk in so genannten Bemessungssituationen  $E_d$  nach DIN EN 1990 (2010), 6.4.3, untersucht werden. Es wird zwischen ständigen (P), vorübergehenden (T) und außergewöhnlichen (A) Bemessungssituationen unterschieden. Diese Bemessungssituationen beinhalten im betrachteten Zeitraum jeweils konstante Bedingungen des Tragwerks und sind Kombinationen gleichzeitig möglicher Einwirkungen, sogenannter Einwirkungskombinationen. Diese Bemessungssituationen gibt es für die Grenzzustände der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit sowie der Ermüdung, wobei letztere in den bauartspezifischen Normen DIN EN 1992 bis DIN EN 1999 enthalten sind.

Nach DIN EN 1990 (2010), 4.1, wird bei den Einwirkungen zwischen ständigen (G), veränderlichen (Q) und außergewöhnlichen (A) Einwirkungen unterschieden.



Die Sicherheit im Rahmen eines Sicherheitsnachweises nach neuer Normung und Teilsicherheitskonzept umfasst daher die drei Sicherheits-Elemente:

- Bestimmung des charakteristischen Wertes einer Einwirkung bzw. eines Widerstandes,
- Bestimmung eines Teilsicherheitsbeiwertes,
- Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte in Abhängigkeit der günstigen oder ungünstigen Wirkung von Einwirkungen.

Durch Grundsatzuntersuchungen vorwiegend im Bereich des allgemeinen Ingenieurbaus, an den sich teilweise auch früher schon die wasserbaulichen Normen orientiert hatten, haben sich für die o. a. drei Sicherheitselemente Zahlengrößen herausgebildet, die erwarten lassen, dass durch sie das gewünschte Sicherheitsniveau über alle betrachtete Bauwerke und längere Zeiträume eingehalten wird. Einzelne Bauwerke können demzufolge mal sicherer oder unsicherer sein. Wenn durch Regelungen die o.a. Sicherheitselemente nicht vollständig eingehalten werden, so lässt dies den Schluss zu, dass das Bauwerk/Bauteil seine Sicherheit nur über einen kürzeren Zeitraum einhält, was je nach Verwendungszweck akzeptabel sein kann.

Für den (Verkehrs-)Wasserbau stehen vertiefte, umfassendere Untersuchungen zur Einhaltung des Sicherheitsniveaus noch aus bzw. haben erst begonnen. Hieraus könnten sich in Zukunft ggf. für die drei Sicherheitselemente andere Werte gegenüber dem Ingenieurbau ergeben.

### **3      Einwirkungen und Widerstände**

#### **3.1    Allgemeines**

Ausgangspunkt für Einwirkungen und Widerstände sind deren charakteristische Werte. Charakteristische Werte für die Einwirkungen  $F_k$  werden i.d.R. in den Einwirkungsnormen festgelegt (z.B. Reihe DIN EN 1991). Charakteristische Werte für die Baustoffeigenschaften  $X_k$  werden in den bauartspezifischen Bemessungsnormen festgelegt bzw. sind den zugeordneten Baustoffnormen, z.B. DIN EN 1992, DIN EN 1993, zu entnehmen. Die Bestimmung charakteristischer Werte richtet sich aber nach DIN EN 1990 (2010). Die charakteristischen Werte der ständigen Einwirkungen  $G_k$  sind im allgemeinen ihre Mittelwerte, wenn nicht größere Streuungen vorliegen. Die charakteristischen Werte der veränderlichen Einwirkungen  $Q_k$  sind im allgemeinen die 98 %-Quantilen für den Bezugszeitraum 1 Jahr. Charakteristische Werte für Baustoffeigenschaften, die die wesentlichen Widerstände bilden, sind im allgemeinen als Quantilwerte einer statistischen Verteilung festgelegt:

- als 5 %-Quantile für Festigkeitswerte,
- als Mittelwert für Steifigkeitswerte.

Bei indirekten Einwirkungen, wie z.B. Zwangbeanspruchung, werden nach DIN EN 1990 (2010) obere charakteristische Werte für die Baustoffeigenschaften empfohlen. Widerstände können gegebenenfalls auch Abmessungen als geometrische Größen sein.

Die wesentlichen repräsentativen Werte  $F_{rep}$  der Einwirkungen ( $F$ ) sind ihre charakteristischen Werte  $F_k$ . Weiterhin werden repräsentativen Einwirkungen  $F_{rep}$  gebildet, die sich wiederum aus den charakteristischen Werten  $F_k$  ergeben, zum Teil durch Multiplikation mit einem Kombinationswert.

Kombinationsbeiwerte  $\psi$  repräsentieren die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens von veränderlichen Einwirkungen nach der prinzipiellen Beziehung:

$$\varphi = \frac{F_s(x)_{\text{Begleiteinwirkung}}}{F_s(x)_{\text{Leiteinwirkung}}}$$

mit  $F_s(x)$  der jeweiligen Wahrscheinlichkeitsverteilung der (Extrem-)Werte der Einwirkungen.

Repräsentative Werte für veränderliche Einwirkungen ergeben sich als Produkte eines charakteristischen Wertes  $Q_k$  mit einem Kombinationsbeiwert  $\psi_i$  ( $\leq 1,0$ ), der nach Häufigkeitsgesichtspunkten der jeweiligen Einwirkung bestimmt wird, vgl. Bild 2.

Im Zusammenhang insbesondere mit der Interaktion zwischen Bauwerk und Baugrund werden Auswirkungen nach Abschnitt 6.3 der DIN EN 1990 (2010) als Folge einer Einwirkung ermittelt, die Schnittgrößen, Spannungen, Dehnungen, Verformungen, Rissbreite, etc. sein können.

### 3.2 Teilsicherheitsbeiwerte

Der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung  $\gamma_F$  bzw. für den Widerstand  $\gamma_M$  setzt sich zusammen aus der Unsicherheit des Einwirkungswertes  $\gamma_f$  bzw. des Widerstandswertes  $\gamma_m$  sowie der Modellunsicherheit auf Einwirkungs- und Widerstandsseite  $\gamma_{sd}$ .

$$\gamma_F = \gamma_f \cdot \gamma_{sd}$$

Für die Modellunsicherheit  $\gamma_{sd}$  kann gemäß [GRUSIBAU; 1981] ein Wert von  $\gamma_{sd} = 1,1$  für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und  $\gamma_{sd} = 1,0$  für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit angesetzt werden. Die Unsicherheit zum Beispiel für die Einwirkung  $\gamma_f$  lässt sich bei einer als normalverteilt angenommenen Einwirkung mit:

$$\gamma_f = \frac{(\mu - \alpha_E \cdot \text{erf}\beta \cdot \sigma)}{f_k}$$

beschreiben, wobei:

$\mu, \sigma$  : Verteilungsparameter Mittelwert und Streuung

$\alpha_E$  : Wichtungsfaktor

erf  $\beta$  : gefordertes Sicherheitsniveau, ausgedrückt durch den Zuverlässigkeitsindex  $\beta$

$f_k$  : charakteristischer Wert der Einwirkung

sind.

Diese beispielhafte Bestimmungsgleichung eines Teilsicherheitsbeiwertes zeigt, dass der (nutzungsdauer-abhängige) Zuverlässigkeitsindex bei der Streuung steht und somit über die Nutzungsdauer die Variabilität, hier z.B. der Einwirkung, abdeckt.

In Verbindung mit dem Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte stehen nach DIN EN 1990 (2010) Regelungen zum Ansatz des Teilsicherheitsbeiwertes als weiteres Sicherheitselement, je nachdem, ob die Einwirkung günstig oder ungünstig wirkt, vgl. auch Bild 3. Wesentlich ist dabei, dass sich diese Vorgehensweise jedoch nur auf physikalisch und/oder statistisch voneinander unabhängige Einwirkungen bezieht.

Die repräsentativen Werte  $F_{rep}$  (bzw. die charakteristischen Werte  $F_k$ ) der Einwirkungen werden mit Hilfe von Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_F$  in Bemessungswerte  $F_d$  überführt:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_{rep}$$

Für  $F_{rep}$  ist jeweils  $G_k$ ,  $Q_k$  oder  $Q_{rep}$  einzusetzen.

Für den Bemessungswert des Widerstandes wird der charakteristische Wert der Baustoffeigenschaft  $X_k$  durch einen Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  dividiert:

$$X_d = \frac{F_{rep}}{\gamma_M}$$

Die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma$  drücken das Sicherheitsbedürfnis, die Kombinationsbeiwerte  $\psi$  die Wahrscheinlichkeit der gleichzeitigen Überlagerung mit anderen Einwirkungen aus. Zahlenangaben für die Teilsicherheitsbeiwerte (i.d.R.  $\gamma \geq 1,0$ ) und Kombinationsbeiwerte (i.d.R.  $\psi \leq 1,0$ ) sind den fachspezifischen Regelwerken zu entnehmen. Wirken ständige Einwirkungen günstig, so werden deren Teilsicherheiten zu 1,0 gesetzt; wirken veränderliche Einwirkungen günstig, so werden diese nicht angesetzt. Diese Regelungen gelten für Einwirkungen, die voneinander physikalisch und statistisch unabhängig sind. Für Auswirkungen infolge von Einwirkungen, wie z.B. bei den Interaktionen eines Bauwerks mit dem Boden, z.B. bei der Bodenpressung, z.B. bei durch Einwirkungen in einer Schleuse verursachten Zusatz-Erddrücken als „Auswirkung“, gelten diese „günstig“/„ungünstig“-Regelungen nicht. Ebenso wenig gilt diese Regelung, wenn z.B. Wasserstände auf beiden Seiten eines Bauteils physikalisch („kommunizierende Röhre“) oder statistisch („gleichzeitiges Auftreten“) voneinander abhängen.

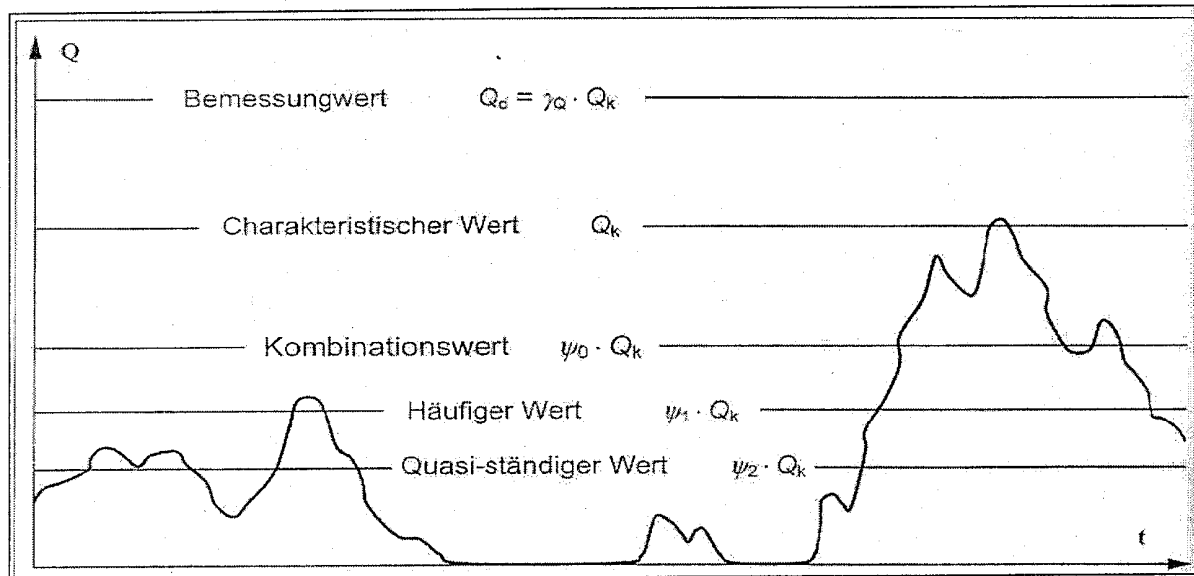


Bild 2: Repräsentative Werte einer veränderlichen Einwirkung im Zeitraum  $t$

### 3.3 Bemessungssituationen und Nachweis

Bemessungssituationen sind im betrachteten Zeitraum konstante Bedingungen des Tragwerks unter jeweils gleichzeitig zu berücksichtigenden Einwirkungen, aber auch Umweltbedingungen, etc. . Sicherheits-Nachweise beinhalten die Einhaltung der jeweils maßgebenden Grenzzustände. Unterschieden werden ständige, vorübergehende und außergewöhnliche Bemessungssituationen.

Exemplarisch für die ständige oder auch vorübergehende Bemessungssituation  $E_{d,P/T}$  lässt sich folgende Bemessungsgleichung bilden, vgl. Gleichung (6.10) in DIN EN 1990 (2010):

$$E_{d,P/T} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

Gleichungen (6.10a) und (6.10b) in DIN EN 1990 (2010) sind in Deutschland nicht anzuwenden.

Demgegenüber kann sich – hier beispielhaft ohne Berücksichtigung möglicher geometrischer Widerstandsgrößen – als Bemessungswert des Tragwiderstandes  $R_d$  ergeben:

$$R_d = R\left(\frac{X_{k1}}{\gamma_{M1}}, \frac{X_{k2}}{\gamma_{M2}}, \dots\right)$$

Der Nachweis, dass die geforderte Zuverlässigkeit des Bauwerks („Sicherheit“) in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit erreicht wird, wird nach DIN EN 1990 (2010) durch Vergleich des Be-

messungswertes der Beanspruchung  $E_d$  mit dem entsprechenden Wert des Tragwiderstandes  $R_d$  geführt. Die Sicherheit gilt als erfüllt, wenn

$$E_d \leq R_d$$

Mit:  $E_d$  Bemessungswert der Beanspruchung (Schnittgrößen)  
 $R_d$  Bemessungswert des Tragwiderstands (Tragfähigkeit).

### 3.4 Wasserbauspezifische Einwirkungen

Die Einwirkungen werden gemäß DIN EN 1990 (2010) nach ständigen, veränderlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen unterschieden. Wegen der in der Regel geplanten Nutzungsdauer von 100 Jahren für massive Wasserbauwerke ist der charakteristische Wert veränderlicher Einwirkungen für massive Wasserbauwerke in der Regel mit einem Wiederkehrintervall von  $T = 100$  a festzulegen. Einwirkungen und durch sie gleichzeitig hervorgerufene Reaktions-Beanspruchungen (z. B. Wasserdruck und hervorgerufene Bodenreaktion) werden für die Bemessung mit den gleichen Teilsicherheitsbeiwerten berücksichtigt. Die Einwirkungen lassen sich gemäß DIN 19702 (2010) wasserbauspezifisch folgendermaßen zuordnen:

#### 3.4.1 Ständige Einwirkungen sind insbesondere:

- Eigengewicht
- Erddruck aus Hinterfüllung
- Auflasten
- Wasserdruck, Grundwasserdruck, Sohlwasserdruck (z.B. Grundwasserstände),

wobei der Wasserdruck nur dann als ständige Einwirkung angesetzt werden darf, wenn er gemäß DIN EN 1990 (2010) und DIN 19702 (2010), 4.2.3.1, durch geometrische Verhältnisse (z.B. „Überlaufkante“) begrenzt ist.

Charakteristische Werte für Eigengewichte sind in der Regel der DIN EN 1991-1-1 (2010) zu entnehmen. Für Erddruck als unabhängige äußere Einwirkung oder auch als Auswirkung ist der charakteristische Wert gemäß DIN 4085 (2011) in Verbindung mit DIN EN 1997-1 (2009) und DIN 1054 (2010) zu bestimmen.

Die Einstufung des Wasserdrucks, auch des Grundwassers und Sohlwasserdrucks, der sich jeweils aus dem spezifischen Gewicht des Wassers in Verbindung mit dem i.d.R. hydrostatischen Wasserstand bestimmen lässt, als „quasi-ständige“ Einwirkung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1990 (2010) und DIN 19702 (2010), 4.2.3.1. Wasserdruck gilt zwar prinzipiell als veränderliche Einwirkung, darf jedoch, wenn seine Größe (Anmerkung: eigentlich die des Wasserstandes) durch geometrische Verhältnisse begrenzt ist, als „quasi-ständige“ Einwirkung angesetzt werden. Dies ist bei Wasserständen in Kanal-Schleusen oder auch in künstlichen Kanälen über die Festlegung eines unteren bzw. oberen Betriebswasserstandes naheliegend, sofern die geometrische Begren-

zung gegeben ist. Bei Schleusen in staugeregelten Flüssen ist die Konstruktionsoberkante des Schleusenverschlusses diese eindeutig geometrische Begrenzung. Auch wenn Stauziele in staugeregelten Flüssen, u.a. auch bei Hochwasser-Situationen durch Wehrverschluss-Steuerungen gehalten werden, liegen eindeutige geometrische Verhältnisse vor.

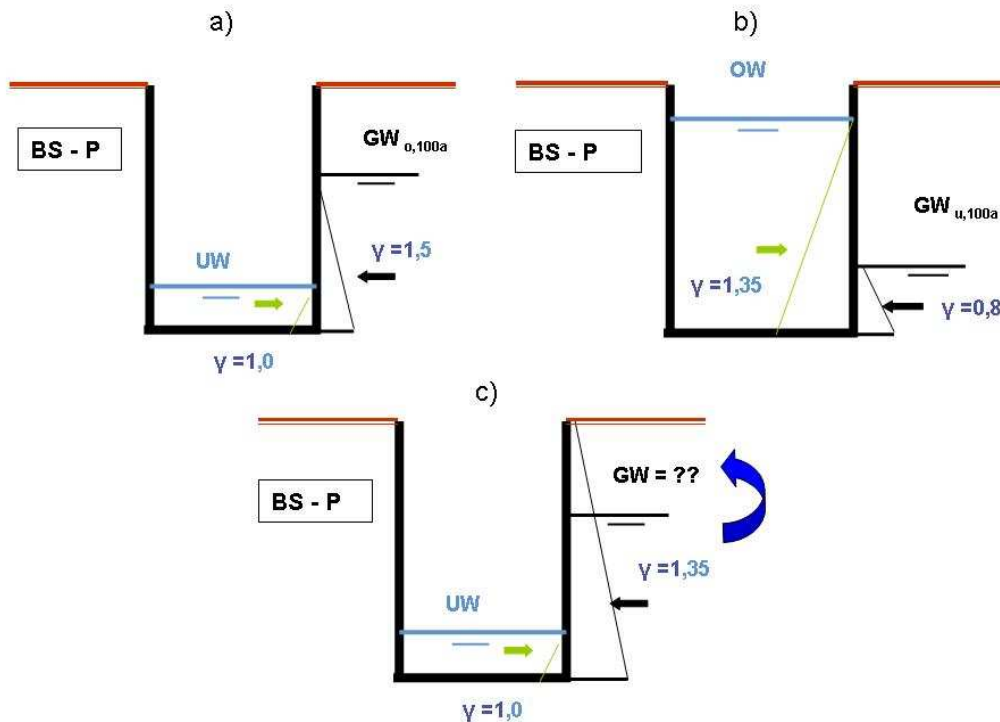


Bild 3: Ansatz von Wasserdrücken, beispielhaft für eine Schleuse an einem staugeregelten Fluß; a) Schleuse auf Unterwasser, b) Schleuse auf Oberwasser (seitliches Wehr „hält“ den Wasserstand), c) Schleuse auf Unterwasser mit nicht genau zu definierendem Grundwasserstand

Treten jedoch größere hydrologisch bedingte Schwankungen auf, z.B. an freifließenden bzw. staugeregelten Flüssen, so ist der „normale“, z.B. hydrostatische Wasser- oder Grundwasserstand, über hydrologische Auswertungen zu ermitteln, wodurch dessen Natur als veränderliche Einwirkung dazu führt, dass dessen charakteristischer Wert in Anlehnung an DIN EN 1990 (2010) und gemäß DIN 19702 (2010), 4.2.1 und 4.2.2.2, mit einer Wahrscheinlichkeit von 99 % entsprechend einer statistischen Wiederkehrperiode von  $T_N = 100$  a (Hochwasseranalyse) bzw. sinngemäß mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 % (Niedrigwasseranalyse) jeweils während einer Bezugsdauer von einem Jahr zu bestimmen ist. Die Einwirkungen werden dann als veränderliche Einwirkungen behandelt. Bei z.B. Fluß-Schleusen mit stärkeren Wasserstands-Schwankungen liegen aber spätestens bei Erreichen eines Wasserstandes in Höhe der Oberkante der Schleusen-Plattform wiederum geometrisch begrenzte Verhältnisse vor, so dass hierfür, ggf. auch als konservativer Ansatz, dieser Wasserdruck als „quasi-ständig“ betrachtet werden darf.

Anders als veränderliche Einwirkungen wie z.B. Wind sind (Grund-)Wasserdrücke, die auch auf einem Niedrigwasser-Niveau bestimmt werden, auch mal nicht vorhanden. Deshalb wurde in DIN 19702 (2010) die „günstige“ Wirkung der veränderlichen Wasserdruck-Wirkung mit einem Teilsicherheitsbeiwert „> 0“ angesetzt.

Die geforderten Quantilwerte für den Wasserstand sind nach den anerkannten Verfahren der Hochwasser- bzw. Niedrigwasseranalyse zu ermitteln. Liegen nur kurze Beobachtungsdauern vor, so sind über geeignete Verfahren der Zeitreihenanalyse bzw. Regressionsanalyse statistisch abgesicherte Werte zu bestimmen. Eine Mindestbeobachtungsdauer von ca. 5 Jahren sollte vorhanden sein. Die Vorgehensweise dürfte auch für die Bestimmung von Grundwasserständen angeraten sein.

Für das Sicherheitsverständnis von Bedeutung bei den Einwirkungen „Wasser“ und „Erddruck“ sind nicht so sehr die spezifischen Wichten der Materialien, sondern die Höhenlagen der Einwirkungen und die daraus resultierenden Hebelarme, insbesondere bei Biegebeanspruchungen.

#### 3.4.2 Veränderliche Einwirkungen sind insbesondere:

- Wasserdruck, sofern nicht „quasi-ständig“
- Wellenlasten
- Verkehrslasten
- Schiffsanlegestoß
- Pollerzug
- Schnee- und Eislasten
- Windlasten
- Temperatur.

Charakteristische Werte für einen veränderlichen Wasserdruck sind wie bereits in 3.4.1 beschrieben nach DIN 19702 (2010) zu bestimmen. Einwirkungen aus Wellen sind insbesondere im Küstenbereich zu berücksichtigen und nach EAU zu bestimmen. Verkehrslasten gehen, sofern nicht für das Projekt im Einzelfall bestimmt, aus DIN EN 1991-1 (2010) sowie bei Pollerzug aus DIN 19703 (1995), bei Schiffsanlegestoß aus E-DIN 19704-1 (2012) hervor. Schneelasten können DIN EN 1991-1-3 (2010), Eislasten ggf. aus EAU entnommen werden. Für Windlasten ist mittlerweile DIN EN 1991-1-4 (2010) einschlägig. Temperatureinwirkungen werden bei Wasserbauwerken vereinzelt nach DIN EN 1991-1-5 anzusetzen sein, für Massivbauwerke gibt DIN 19702 (2010), 4.2.10, eine Temperaturverteilung vor, sofern keine detailliertere Ermittlung erfolgt, vgl. Bild 4.

Für saisonale Temperatureinwirkungen werden Anhaltswerte gegeben; ausgehend von einer mittleren Aufstelltemperatur des Bauteils von 10 °C sind saisonale Temperaturänderungen  $\Delta T$  als linear veränderlicher Temperaturanteil wie folgt anzusetzen:

- erdseitige Oberflächen dürfen mit einer Temperatur von  $+10\text{ °C}$  angenommen werden;
- luftseitige Oberflächen von massiven Bauteilen erfahren einen Temperaturunterschied  $\Delta T = \pm 25\text{ K}$ ;
- wasserseitige Oberflächen von massiven Bauteilen erfahren einen Temperaturunterschied  $\Delta T = \pm 15\text{ K}$ .

Dies bedeutet, dass z.B. bei einem Schleusen-Querschnitt die Oberflächen im Bereich des Freibords im Sommer  $T = +35\text{ °C}$  und im Winter  $T = -15\text{ °C}$  anzusetzen sind, im Bereich zwischen Oberwasser (OW) und Unterwasser (UW) sowie in nahezu ständig wasserbenetzten Bereichen im Sommer  $T = +25\text{ °C}$  und im Winter  $T = -5\text{ °C}$  anzusetzen sind. Objektspezifische Ermittlungen dürfen zu anderen Ansätzen führen.

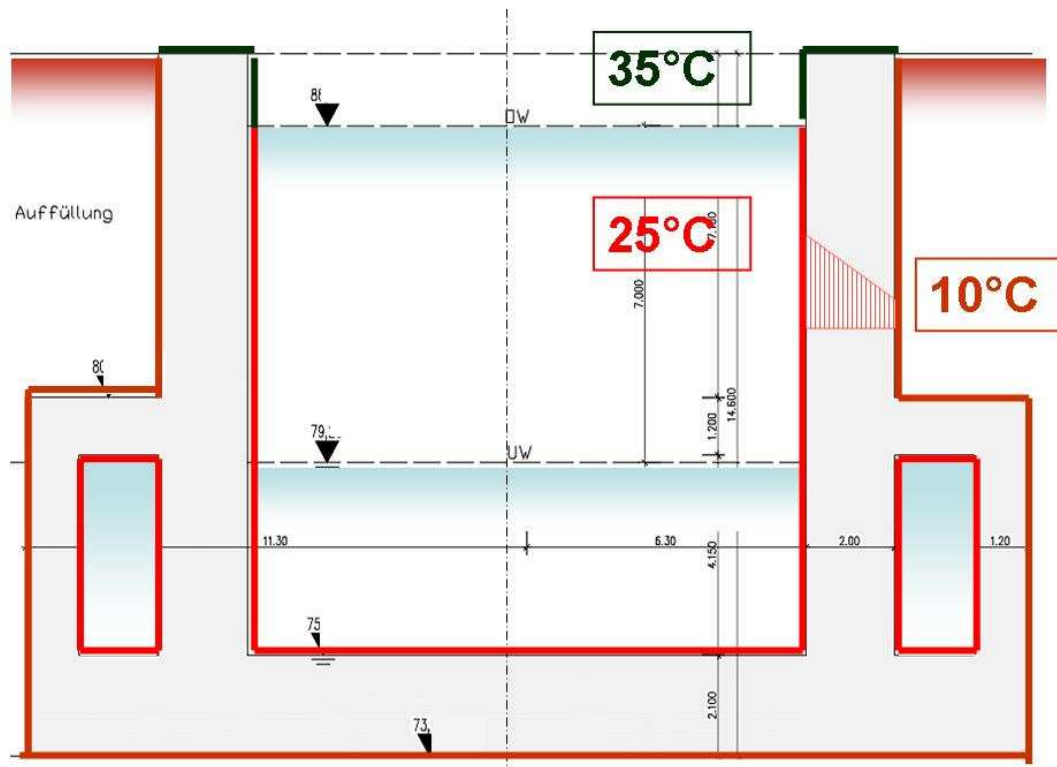


Bild 4: Schleusenquerschnitt mit anzusetzenden Temperaturen nach DIN 19702 (2010)

Bei nachgewiesener Duktilität des Tragwerks oder seiner Tragwerksteile, d. h. ausreichendem elastischem Verformungsverhalten, ist nach DIN 19702 (2010), 5.2, die Einwirkung Temperatur als veränderliche Einwirkung in der Regel nur bei Gebrauchstauglichkeitsnachweisen zu berücksichtigen.

### 3.4.3 Außergewöhnliche Einwirkungen sind insbesondere:

- Anpralllasten
- Extreme Wasserstände
- Wracklasten (z.B. gesunkenes Schiff)
- Erdbeben.



Bemessungswerte für außergewöhnliche Einwirkungen sind entweder direkt oder auch nur hinsichtlich der Methodik ihrer Ermittlung aus DIN EN 1991-1-7 (2010) für Anprall, DIN 19702 (2010) für extreme Wasserstände und DIN EN 1998 (2010) für Erdbeben zu entnehmen. Extreme Wasserstände sind in der Regel aus einem Abfluß mit einer Jährlichkeit von  $10^{-3}$ /a nach DIN 19702 (2010), 4.2.3.2, zu bestimmen. Diese Bestimmung erfolgt nach anerkannten Methoden der Extremwertanalyse, z.B. [DVWK-251; 1999] und/oder [DVWK-209; 1989]. Wracklasten bestimmen sich nach z.B. dem Typschiff für eine Wasserstraße.

### 3.5 Wasserbauspezifische Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen nach DIN 19702 (2010) für Nachweise der Tragfähigkeit sind in Tabelle 1 angegeben; sie orientieren sich an den einschlägigen Werten des konstruktiven Ingenieurbaus, wurden teilweise auch über Vergleichsrechnungen verifiziert, [BAW, 2006]. Zu Beginn der Vergleichsrechnungen wurden zum einen die bereits vorhandenen Teilsicherheitsbeiwerte des allgemeinen Ingenieur- und Brückenbaus angesetzt und zum anderen vereinfachte Rückrechnungen aus dem bisherigen globalen Sicherheitsbeiwert vorgenommen. Dies entspricht insgesamt dem Konzept für die einfachste Stufe der Kalibrierung des Teilsicherheitskonzeptes an den bisherigen Erfahrungen, gemäß Anhang B der seinerzeitigen DIN 1055-100 (2001) bzw. heute Anhang C der DIN EN 1990 (2010). Für den Wasserdruck als veränderliche Einwirkung wurde eine Neubestimmung vorgenommen. Genauere Untersuchungen könnten hier in Zukunft Änderungen ergeben.

Teilsicherheitsbeiwerte der Widerstandsseite entsprechen denen der bauartspezifischen Normen, wie z.B. DIN EN 1992-1 (2010) und damit denen des Ingenieur- und Brückenbaus.

	Bemessungssituation		
	ständig	vorübergehend	außergewöhnlich bzw. Erdbeben
ständige Einwirkung			
ungünstig	1,35	1,2	1,0
günstig	1,0	1,0	1,0
veränderliche Einwirkung			
ungünstig	1,5	1,3	1,0
Wasserdruck, günstig	0,8	0,9	1,0
Sonstige, günstig	0	0	0
außergewöhnliche Einwirkung			
ungünstig	—	—	1,0

Tabelle 1: Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen auf Tragwerke im Grenzzustand der Tragfähigkeit, nach DIN 19702 (2010)

Die Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit betragen gemäß DIN 19702 (2010) jeweils 1,0.

Die Diskussion von Einwirkungen und Auswirkungen sowie deren Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit führt dazu, dass voneinander abhängige Einwirkungen bzw. Auswirkungen mit der gleichen „günstig“/„ungünstig“-Regelung belegt werden (z.B. voneinander abhängige Wasserstände vor und hinter einer Wand, Bettungsreaktion infolge Auflast oder Temperatur, ....), wobei sich der eigentliche Teilsicherheitsbeiwert material- oder bauartspezifisch bei unterschiedlichen Arten der Einwirkung bzw. Auswirkung unterscheiden kann.

Eine Analyse für die bei massiven Wasserbauwerken vorherrschenden Einwirkungen „Wasser“ und „Erddruck“ ließe auf der reinen Materialseite Abminderungen zu, da die spezifischen Eigengewichte relativ genau zu bestimmen sind. Zu berücksichtigen ist jedoch die jeweilige Höhenlage der Einwirkung, die bei Wasserdruck und Biegebeanspruchung für einen Kragarm als statisches Modell einer Schleusenkammerwand zum Beispiel nur eine Reserve von ca. 7% (Ansatz „quasi-ständig“) bzw. ca. 11% (Ansatz veränderlich) ergibt.

Die für Wasserbauwerke im Gegensatz zu allgemeinen Ingenieurbauten längere Nutzungsdauer von 100 Jahren gegenüber 50 Jahren ist im Teilsicherheitsbeiwert bereits berücksichtigt.

Gemäß DIN 19702 (2010), 5.3.2.2, werden die Kombinationsbeiwerte in der Regel mit  $\phi = 1,0$  angesetzt. Dies u.a. rührt aus Überlegungen, dass im Rahmen einer typischen wasserbaulichen Bemessungssituation selten mehrere veränderliche Einwirkungen gleichzeitig auftreten und/oder daraus resultierende Beanspruchungen gegenüber ständigen Einwirkungen untergeordnet sind, so dass Differenzierungen eines Kombinationsbeiwertes aus Vereinfachungsgründen unterbleiben. Die prinzipielle Verfügbarkeit der Kombinationsbeiwerte wird jedoch methodisch für richtig erachtet, sie können, wenn zweckdienlich nachprüfbar ermittelt werden.

### **3.6 Wasserbauspezifische Bemessungssituationen**

Die Prinzipien für Bemessungssituationen gemäß DIN 19702 (2010), 5.2, unterscheiden sich für massive Wasserbauwerke in keiner Weise von denen des allgemeinen Ingenieurbaus/Brückenbaus, so dass der Ingenieur in seiner neuen Denkweise eine einheitliche Vorgehensweise vorfindet.

Die für massive Wasserbauwerke geltenden Bemessungssituationen sind Tabelle 2 zu entnehmen. Im Unterschied zum allgemeinen Ingenieurbau und Brückenbau, aber auf der Grundlage der DIN EN 1990 (2010), werden ständige und vorübergehende Bemessungssituation unterschieden und mit zwei unterschiedlichen Teilsicherheitsbeiwerten versehen, um dem unterschiedlichen Sicherheitsbedürfnis für zeitlich begrenzte Situationen Rechnung tragen zu können.

Vorübergehende Bemessungssituationen sind Bau- und Revisionszustände oder bei Wasserbauwerken erhöhte Einwirkungen infolge Kolkerscheinungen, sofern hierzu eine regelmäßige Überwachung und kurzfristige Beseitigung erfolgen kann. Außergewöhnliche Bemessungssituationen liegen bei Anprall- und Havarie-Zuständen, extremen Wasserständen, aber auch bei einem Ausfall von baulichen Sicherungselementen (z.B. Dichtungen, Dräns), der Eisfreihalteeinrichtung oder Einwirkungen bei Kolkbildungen infolge Schadhafwerdens von Sicherheitsmaßnahmen, vgl. DIN 19702 (2010), 5.2.

Für Nachweise bei der Interaktion zwischen Bauwerk und Baugrund sieht DIN 19702 (2010) wegen der in DIN EN 1997-1 (2009) in Verbindung mit DIN 1054 (2010) verankerten Nachweise mit charakteristischen Werten die Übergabe charakteristischer Einwirkungen/Beanspruchungen vor, worauf bei linear-elastischen Berechnungen dann erst die Überlagerung mit Teilsicherheitsbeiwerten vorgenommen würde.

Kombinationsregeln	Unabhängige ständige Einwirkungen	Unabhängige veränderliche Einwirkungen, vorherrschend	Unabhängige veränderliche Einwirkungen, andere	Außergewöhnliche Einwirkungen	Beispiele für Bemessungssituationen
Ständige Bemessungssituationen $E_{d,P} = E \{$	$\sum \gamma_{GP,i} * G_{k,i}$	$\gamma_{QP,1} * Q_{k,1}$	$\sum \gamma_{QP,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \}$		Schleuse auf OW/UW und seitlichen Verkehrslasten und saisonale Temp., Pollerzug, ...
Vorübergehende Bemessungssituationen $E_{d,T} = E \{$	$\sum \gamma_{GT,i} * G_{k,i}$	$\gamma_{QT,1} * Q_{k,1}$	$\sum \gamma_{QT,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \}$		Bau- und Revisionszustände,
Außergewöhnliche Bemessungssituationen $E_{d,A} = E \{$	$\sum \gamma_{GA,i} * G_{k,i}$	$\psi_{1,1} * Q_{k,1}$	$\sum \psi_{2,i} * Q_{k,i}$	$A_d \}$	Schleuse/Wehr bei extremen Wasserständen, Bauwerke unter Schiffsanprall, für Erdbeben modifiziert
Beispiele für Einwirkungen	Eigengewicht, Wasserdruck, Erddruck, langzeitige Temperatur	Verkehrslasten, Eisdruck, Wind, kurzzeitige Temperatur, Revisionslast	wie in Spalte links nebenstehend	Anpralllast, extreme Wasserstände, gesunkenes Schiff, Erdbeben	

Tabelle 2: Bemessungssituationen für Tragfähigkeitsnachweise für massive Wasserbauwerke, mit Beispielen

## 4 Zusammenfassung

Die Eurocodes im konstruktiven Ingenieurbau sollen künftig für Planung, Bemessung und Ausführung von Tragwerken eine einheitliche Vorgehensweise im europäischen Bauwesen sicher stellen. Nationale Gepflogenheiten konnten und können über Nationale Anhänge berücksichtigt werden. Der konstruktive Wasserbau hat am Beispiel der DIN 19702 für massive Wasserbauwerke die Eurocode-Prinzipien weitestgehendst adaptiert, aber wasserbauspezifische Besonderheiten geregelt,

die hinsichtlich des Sicherheitskonzeptes dargestellt wurden. Mit der Einführung der Eurocodes für den Verkehrswasserbau sowie der einschlägigen wasserbaulichen Normen dürften sich gegenüber den vorangehenden Normengeneration, die bereits teilweise die Eurocode-Philosophie enthielten, nur geringfügige Änderungen ergeben. Besonderheiten der wasserbaulichen Sicherheitsphilosophie wurden dargestellt.

## **5 Literatur**

- BAW, 2006: Mitteilungsblatt Nr. 89 der Bundesanstalt für Wasserbau, Massive Wasserbauwerke nach neuer Norm. Karlsruhe, 2006.
- Diamantidis, 1999: Joint Comitee of Structural Safety, workshop. 1999.
- DIN EN 1990, 2010: Eurocode, Grundlagen der Tragwerksplanung. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1991-1-1, 2010: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke; Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1991-1-3, 2010: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1991-1-4, 2010: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen, Windlasten. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1991-1-5, 2010: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1991-1-6, 2010: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1991-1-7, 2010: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen – Außergewöhnliche Einwirkungen. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1991-3, 2010: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1992-1-1, 2011: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Beuth-Verlag, Berlin, 2011.
- DIN EN 1993-1-1, 2010: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN EN 1997-1, 2009: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln. Beuth-Verlag, Berlin, 2009.
- DIN 1054, 2010: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN 4085, 2011: Baugrund – Berechnung des Erddrucks. Beuth-Verlag, Berlin 2011.
- DIN 1055-100; 2001: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.
- DIN 19702, 2010: Massivbauwerke im Wasserbau – Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Beuth-Verlag, Berlin, 2010.

- E-DIN 19702/A1, 2012: Massivbauwerke im Wasserbau – Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Beuth-Verlag, Berlin, 2012.
- DIN 19703, 1995: Schleusen der Binnenschifffahrtstraßen. Beuth-Verlag, Berlin, 1995.
- E-DIN 19704-1, 2012: Stahlwasserbauten, Teil 1: Berechnungsgrundlagen. Beuth-Verlag, Berlin, 2012.
- DVWK 209; 1989: Wahl des Bemessungshochwassers; Entscheidungswege zur Festlegung des Schutz- und Sicherheitsgrades, 1989.
- DVWK 251; 1999: Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen, 1999.
- EAU: Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen — Häfen und Wasserstraßen. Verlag Ernst und Sohn, Berlin.
- GRUSIBAU; 1981: DIN, Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen, Beuth-Verlag, Berlin 1981.
- Wikipedia, 2009: Eurocode und Teilsicherheitsbeiwerte, Stand 2009.

## Tragwerke aus Stahlbeton

Dipl.-Ing. R. Ehmann (BAW)

### 1 Kurzer geschichtlicher Rückblick

Am Anfang der fast 150 jährigen Geschichte des Stahlbetonbaus stehen Patente des Franzosen Monier von 1867 (Betonkübel mit Stahleinlagen) und 1878, welche die Grundlage für die Entwicklung des Eisenbetons legten. Der Beginn der Normung in Deutschland [1] kann auf das Jahr 1904 datiert werden, als Preußen die „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton im Hochbau“ einführt. Nach Gründung des „Deutschen Ausschusses für Eisenbeton“ im Jahr 1907 wurde durch diesen die „Bestimmungen“ aus 1904 grundlegend überarbeitet mit dem Ergebnis der „Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton“, die 1916 im Deutschen Reich flächendeckend eingeführt wurden. Begleitet durch eine rege Forschungsaktivität fand recht schnell eine Überarbeitung statt und führte zu den „Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton 1925“, die aus 4 Teilen bestand und vom Deutschen Normenausschuss als Normenblätter DIN 1045 bis DIN 1048 herausgegeben wurden. Der Teil A, DIN 1045, hatte den Inhalt „Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton“. Der rasant zunehmende Wissensstand führte bald zu weiteren Anpassungen der DIN 1045 mit den Ausgaben von 1932, 1943 und 1959.

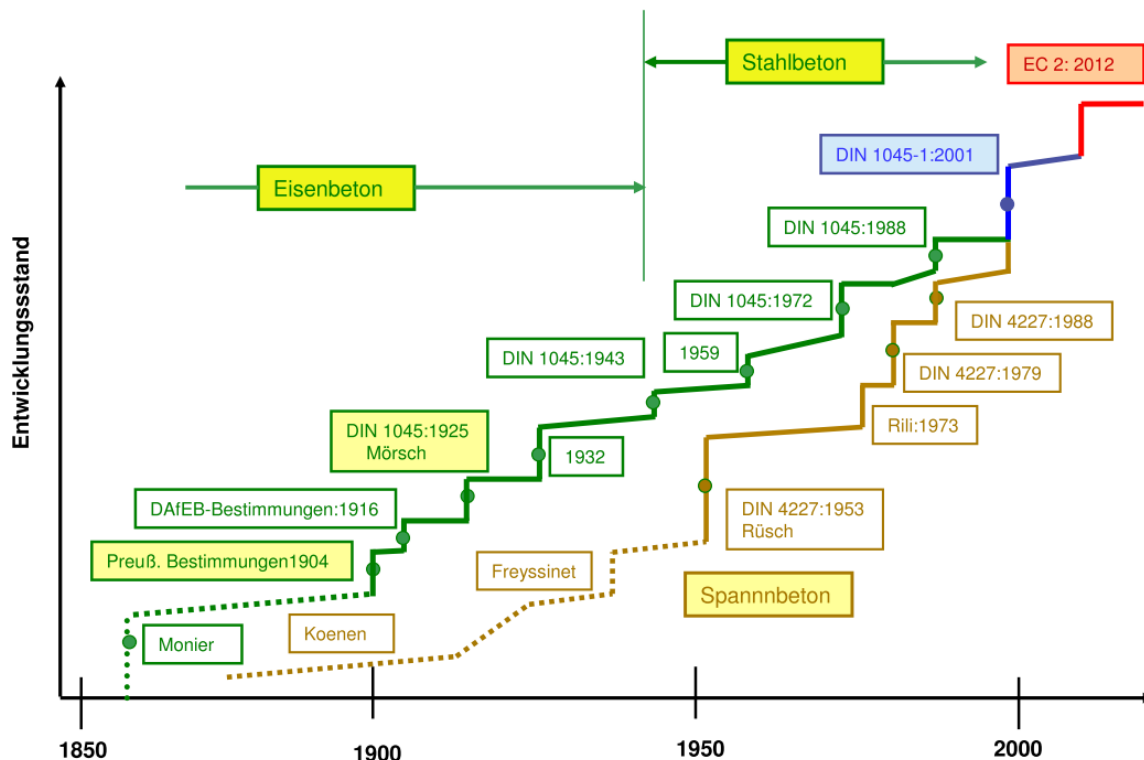
Neue Bemessungsmodelle im Stahlbeton für Biegung, Querkraft und Torsion (n-freie Bemessung, gerissener Zustand II) führten zu einer grundlegenden Überarbeitung der Norm und ihre Neuauflage im Jahr 1972 [2]. Diese neue Bemessungspraxis und die damit verbundene Sicherheitstheorie hatten bis 2001 Gültigkeit, wobei Anpassungen 1978 und 1988 vorgenommen wurden.

Zeitlich verzögert und in Wechselwirkung zum Stahlbeton entwickelte sich in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts die Spannbetonbauweise. In Deutschland erfolgten die ersten normativen Festlegungen 1953 mit der Herausgabe der DIN 4227: Spannbeton, Richtlinien für Bemessung und Ausführung. Eine erste Überarbeitung erfolgte Anfang der 70er Jahre und führte zur „Richtlinie für Bemessung und Ausführung von Spannbetonbauteilen, Ausgabe Juni 1973“. Nach weiteren Überarbeitungen erfolgte 1979 die Neuauflage der Spannbeton- DIN 4227 mit dem Teil 1: „Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung“ und dem Teil 5: „Einpressen von Zementmörtel in Spannkane“. Eine letzte Aktualisierung, insbesondere hinsichtlich Mindestbewehrung und Rissbreitenbegrenzung, erfuhr die DIN 4227 im Jahr 1988 zeitgleich mit der Stahlbetonnorm DIN 1045.

Nachdem 1975 die Kommission der Europäischen Gemeinschaften beschloss, ein Programm zur Harmonisierung der technischen Normen im Bauwesen aufzustellen, erfolgte auf europäischer Ebene und parallel auf nationaler Ebene die Erarbeitung der Eurocodes. Für den Betonbau im Hochbau erfolgte schon im Jahr 1992 die Veröffentlichung der nationalen Fassung der europäi-

schene Vornorm DN V ENV 1992-1-1: Eurocode 2 – Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken. Die von deutscher Seite gewünschte rasche Überführung der Vornorm in eine europäische Norm verzögerte sich deutlich, so dass der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) mit der Erarbeitung nationaler Normen auf europäischer Basis begann. Das Ergebnis war das neue Normenpaket DIN 1045, Ausgabe Juli 2001: „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton“ und umfasste 4 Teile. Die früheren Grundlagennormen DIN 1045 (Stahlbeton) und DIN 4227 (Spannbeton) wurden zu einem Normenpaket vereinigt. Aufbau, Konzeption und Bemessungsphilosophie wurden gegenüber vorher grundlegend verändert, unter anderem erfolgte die Tragwerksbemessung semiprobabilistisch nach dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte. Die Einführung in der WSV erfolgte zum 1. Januar 2005.

Mit diesem Zwischenschritt einer nationalen Norm auf europäischer Basis wurde der jetzt erfolgte Übergang zum Eurocode 2, DIN EN 1992-1, deutlich erleichtert.



**Bild 1:**      *Entwicklungsstufen der Beton-Normung*

## 2 Der Eurocode 2 – Struktur und Inhalt

Der Eurocode 2 – DIN EN 1992 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken besteht aus 4 Teilen, siehe Bild 2. Der wichtigste Teil ist DIN EN 1992-1-1 mit den allgemeinen Bemessungsregeln. Die 3 anderen Teile sind keine selbständigen Dokumente mehr, sondern beziehen sich auf den Teil 1-1 und ergänzen diesen problemspezifisch. Zu jedem Teil gibt es wiederum einen Nationalen Anhang (NA), in welchem die für Deutschland gültigen Parameter festgelegt sind.



Bild 2: Struktur des Eurocode 2

Neben der Bemessungsnorm EC 2 gibt es noch die Werkstoffnorm DIN EN 206-1: Beton- Teil1 mit dem zugehörigen nationalen Anwendungsdokument DIN 1045-2. Für die Bauausführung gilt DIN EN 13 670 Verbindung mit DIN 1045-3.

Der inhaltliche Aufbau des EC2-1-1 unterscheidet sich deutlich von der DIN 1045-1. In den Kapiteln 1 bis 9 werden die grundsätzlichen Regeln für den Betonbau (Bewehrter Ort beton und Spannbeton) behandelt. Die Kapitel 10 bis 12 ergänzen die 9 Grundkapitel für Fertigteile, Leichtbeton und unbewehrten Beton. Des Weiteren gibt es 10 Anhänge – normativer und informativer Art, 3 Anhänge sind in Deutschland nicht anzuwenden.

### 3 Vergleich Eurocode 2 mit DIN 1045-1: 2008

Die folgende grobe Gegenüberstellung geht auf Literaturangaben zurück wie [5] und [6]. Durch die Erarbeitung von DIN 1045-1, Ausgabe 2001 und Modifikation mit Ausgabe 2008 wurde die Einführung des EC 2 gewissermaßen vorweggenommen. Der Eurocode lässt im NA national bestimmbare Parameter (NDP) und nicht widersprechende ergänzende Angaben (NCI = Non-contradictory Complementary Information) zu. Mit diesen Optionen – 121 NDP's und großzügige Handhabung der NCI's - konnte in Deutschland eine weitgehende Übereinstimmung mit der DIN 1045-1:2008 erreicht werden.

Auf folgende Unterschiede soll hingewiesen werden:

- Veränderte Formelzeichen, z.B. Stabdurchmesser  $d_s$  (DIN) in  $\Phi_s$  (EC 2) oder das Grundmaß der Verankerungslänge  $l_b \rightarrow l_{b,rd}$ . Ärgerlich ist, dass Betondruckspannungen im EC 2 mit positivem Vorzeichen eingehen
- Definition von Platte, Balken und wandartiger Träger
- Abminderungsbeiwert  $\alpha_{ct} = 0,85$  für Zugbeanspruchung  
Bemessungswert der Betonzugfestigkeit  $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk;0,05} / \gamma_c$
- Abminderungsbeiwert für unbewehrten Beton (Index pl = plain):  $\alpha_{cc,pl} = \alpha_{ct,pl} = 0,70$



- Deutlich höhere E-Moduli des Betons bei quarzithaltigen Gesteinskörnungen
- Winkel der Druckstrebenneigung bei der Querkraftbemessung:  
DIN 1045-1:  $0,58 \leq \cot \theta \leq 3$ ; EC 2:  $1,0 \leq \cot \theta \leq 3$
- Querkraftnachweis: Begrenzung der günstig wirkenden Betondruckspannung auf  $0,2 f_{cd}$
- Verändertes Nachweiskonzept beim Durchstanznachweis
- Höhere Zugfestigkeit bei unbewehrten Streifen- und Einzelfundamenten

Fazit: In den wesentlichen Bereichen führt die Umstellung auf den EC2 zu keinen oder nur sehr geringen Änderungen.

#### 4 Normensituation für Betontragwerke im Wasserbau

Von den Eurocode 2 – Teilen sind seit dem 15. September 2012 in der WSV die Teile 1-1 und 1-2 mit den zugehörigen nationalen Anwendungsdokumenten eingeführt. Daneben sind zu beachten die DIN 19702: Juni 2010 „Massivbauwerke im Wasserbau“ [3] mit zugehöriger A1-Änderung sowie die an die neue Normensituation angepasste ZTV-W LB 215: 2012 [4]. Somit gelten für die Bemessung und Herstellung von Wasserbauwerken in der WSV folgende Vorschriften:

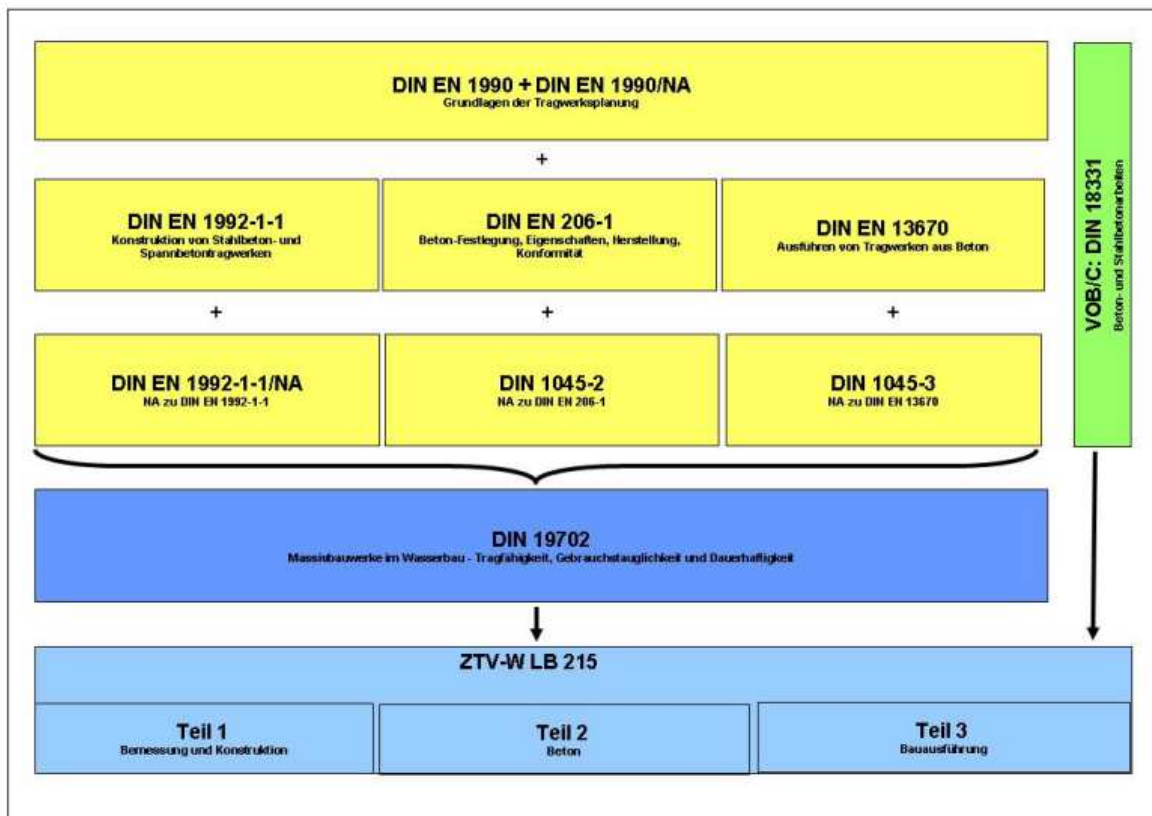


Bild 3: Überblick über die maßgebende Normungssituation für ZTV-W 215 aus [4]

Die Besonderheiten bei der Bemessung von Massivbauwerken im Wasserbau sind in der DIN 19702, Ausgabe 2010, geregelt. Hervorzuheben sind die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) gemäß unten stehender Tabelle.

	Bemessungssituation		
	Ständig	Vorübergehend	Außergewöhnlich bzw. Erdbeben
<b>Ständige Einwirkung</b>			
ungünstig	1,35	1,2	1,0
günstig	1,0	1,0	1,0
<b>Veränderliche Einwirkung</b>			
ungünstig	1,5	1,3	1,0
Wasserdruck, günstig	0,8	0,9	1,0
Sonstige, günstig	0	0	0
<b>Außergewöhnliche Einwirkung</b>			
ungünstig	–	–	1,0

Generell ist die Leiteinwirkung Wasserdruck eine veränderliche Einwirkung, dessen charakteristischer Wert als 99%-Quantilwert [7] zu bestimmen ist. Der zugehörige Teilsicherheitsbeiwert in der ständigen Bemessungssituation ist damit  $\gamma_F = 1,5$ . Nur wenn geometrische Randbedingungen vorliegen, die ein Übersteigen des Wasserstandes verhindern, darf nach Norm der Wasserdruck als ständige Einwirkung angesetzt werden. Erddruck zählt dagegen zu den ständigen Einwirkungen.

Die Kombinationsbeiwerte  $\psi_{i,j}$  dürfen zur Vereinfachung zu 1,0 gesetzt werden. DIN 19702 enthält Hinweise zu den saisonalen Temperaturänderungen, die jedoch nur bei Gebrauchstauglichkeitsnachweisen, also Rissbreitenbegrenzungen zu berücksichtigen sind. Eine weitere Besonderheit bei Wasserbauwerken ist der Riss- und Porenwasserdruck im Innern von Bauteilen.

Gegenüber der Ausgabe von 2004 konnte in der jetzt gültigen Fassung (2012) der ZTV-W 215 [4] der Teil 1 (Bemessung und Konstruktion) stark gekürzt werden, da die DIN 19702 mit der Ausgabe 2010 [3] viele Regelungen übernommen hat. Folgende Regelungen der aktuellen ZTV-W 215 sind bei der Bemessung zu berücksichtigen:

- Betondeckung  $c_{\min} = 50$  mm, Vorhaltemaß  $\Delta c_{\text{def}} = 10$  mm
- Geschalte Arbeitsfuge: rau; nicht geschalte Arbeitsfuge: verzahnt
- Spalt- und Porenwasserdruck darf bei der Ermittlung der Rissbreite vernachlässigt werden
- Beanspruchungen aus frühem Zwang nach BAW-Merkblatt MFZ (2011).

## 5 Bemessungsbeispiel nach aktuellen Vorschriften

Zur Vorbereitung der Normenumstellung zum 1. Januar 2005 auf die Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten, wurden bei der BAW Vergleichsrechnungen durchgeführt, die in [8] veröffentlicht sind. Im Folgenden wird die im Kapitel 3 berechnete Schleuse Sülfeld herangezogen, die dort nach DIN 1045-1:2001 und ZTV-W 215:2004 berechnet wurde.

Beton C30/37

Betonstahl B500

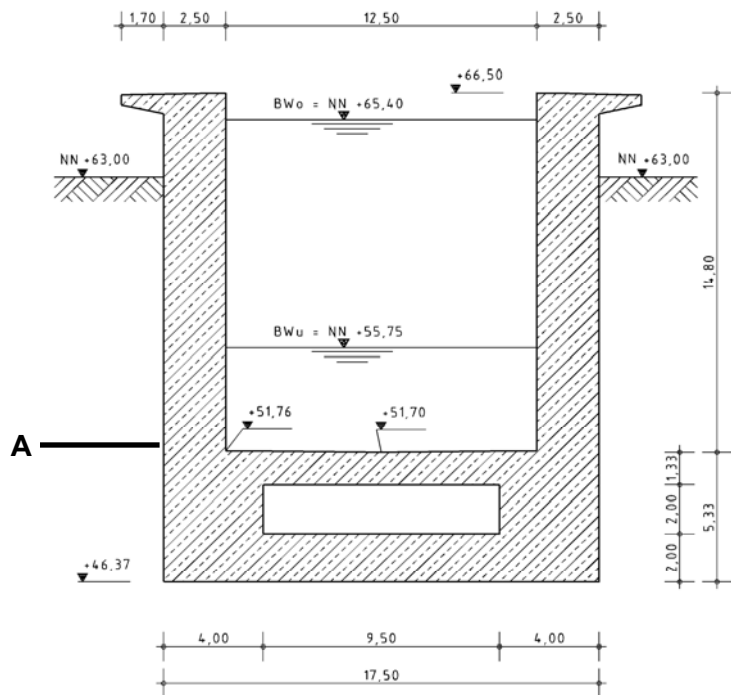


Bild 4: Querschnitt Sülfeld

Es gibt 3 Grundwasserstände: ein oberer bei 58,0 m und ein unterer bei 56,8 m NN, die als charakteristische Werte (99%-Quantilwert) angesehen werden. Für den Fall eines Versagens einer Dichtung wird ein außergewöhnlicher Grundwasserstand von 62,0 mNN berücksichtigt.

Es werden folgende Bemessungssituationen ständig (S), vorübergehend (V) und außergewöhnlich (A) nach [8] verwendet:

	Ständige Bemessungssituationen			Vorübergehend	außergewöhnlich
<b>Einwirkungen</b>	<b>S1 Unterwasser</b>	<b>S2 Oberwasser</b>	<b>S3 OW + Eis</b>	<b>V1 Kammer leer</b>	<b>A1 Leckage</b>
Eigenlasten	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hinterfüllung belastend	1,35			1,20	1,00
Hinterfüllung entlastend		1,00	1,00		
GW min GW 56,8 müNN		0,80	0,80		
GW max GW 58,0 müNN	1,50			1,30	
UW BWu 55,75 müNN	1,00				1,00
OW BWo 65,40 müNN		1,35	1,35		
Verkehr Hinterfüllung	1,50			1,30	1,00
Eisdruck			1,50		
Temp Sommer 20% Erddruck	0,00			0,00	0,00
Schiffsreibung 100 kN		1,50			
Trossenzug 300 kN	1,50				1,00
GW max 62,0 müNN					1,00

Es werden folgende Bemessungsnormen angesetzt:

**DIN 1045: 1988:** DIN 1045: 1988 + DIN 19702: 1992 + ZTV-W 215: 1998  
(globales Sicherheitskonzept)

**DIN 1045-1: 2001:** DIN 1045-1: 2001 + DIN 19702: 1992 + ZTV-W 215: 2004  
(Teilsicherheitskonzept)

**EC 2: 2011** DIN EN 1992-1-1: 2011 + NA + DIN 19702: 2010 + ZTV-W 215: 2012.

Die in der Tabelle rot markierten Felder kennzeichnen die Veränderung zwischen „DIN 1045-1:2001“ und „EC 2:2011“, die aus den neuen Regelungen der DIN 19702: 2010 herrühren. Die oberen und unteren Kammerwasserstände werden bei dieser Kanalschleuse durch entsprechende Regulierungsmaßnahmen als geometrisch begrenzt und damit als ständige Einwirkung angesehen.

Die charakteristische Größe des Erddruckes, sowohl belastend als auch entlastend, wird in allen 3 Fällen gleich angesetzt.

Die erforderliche vertikale Biegebewehrung am Anschnitt der Kammerwand unten (Schnitt A) kann der folgenden Tabelle entnommen werden:

Erforderliche Bewehrung		Biegung mit Normalkraft GZT	Ermüdung	Rissbreiten- begrenzung GZG
Erdseite	DIN 1045: 1988	<b>42,3</b> (A1)	erfüllt	erfüllt
	DIN 1045-1: 2001	30,6 (S1)	22,0	<b>31,0</b>
	EC 2: 2011	27,7 (S1)	25,0	<b>31,0</b>
Wasserseite	DIN 1045: 1988	35,0 (V2)	<b>42,5</b>	erfüllt
	DIN 1045-1: 2001	42,6 (S3)	<b>50,0</b>	41,0
	EC 2: 2011	43,3 (S3)	<b>55,0</b>	41,0

Die Unterschiede sind wie folgt zu verstehen:

- Der LF 3 der DIN 19702: 1992 weist eine höhere Sicherheit ( $\gamma_{\text{global}} \approx 1,35$ ) als die außergewöhnliche Bemessungssituation nach DIN 19702:2010 auf. Diese beiden Bemessungssituationen sind auch hinsichtlich der Auftretenswahrscheinlichkeit nicht vergleichbar.
- Vernachlässigung des Temperatureinflusses im GZT nach DIN 19702: 2010.
- Gegenüber DIN 1045-1: 2001 wurde im EC 2 – wie schon bei DIN 1045-1: 2008 die Wöhlerlinie für den Ermüdungsnachweis angepasst.
- Teilsicherheitsbeiwerte und Wasserstände nach DIN 19702.

Anmerkung: Wird der Kammerwasserstand als veränderliche Einwirkung eingestuft, so steigt die erforderliche wasserseitige Wandbewehrung in der Bemessungssituation S3 = Oberwasserstand + Eisdruck (Kammerwasserstand  $BW_o = 65,40$  m, Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{\text{Wasser}} = 1,50$ ) von 43,3 auf 51,0  $\text{cm}^2/\text{m}$  an. Dies entspricht auch der Bemessungssituation mit einem Oberwasserstand bis OK Tor bei 66,0 m (60 cm höher als  $BW_o$ ) und dann einem Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkung von  $\gamma_{\text{Wasser}} = 1,35$ .

Durch die Einführung des EC 2: 2011 allein gäbe es im betrachteten Beispiel gegenüber bisher gültiger DIN 1045-1: 2008 keinen Unterschied.

## Literatur

- [1] Frank Fingerloos, Hans-Ulrich Litzner: Von 1904 bis 2004: 100 Jahre Betonbaunormung in Deutschland. Beton- und Stahlbetonbau 99 (2004), Seite 608 -616.
- [2] Rüschi: Stahlbeton – Spannbeton Band1: Werkstoffeigenschaften, Bemessungsverfahren, Werner Verlag.
- [3] DIN 19702: Massivbauwerke im Wasserbau – Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Ausgabe Juni 2010.
- [4] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton, Leistungsbereich 215, Ausgabe 2012.
- [5] K. Zilch, D. Wingenfeld: Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken. Bauingenieur Band 86 2011, Seite 327 – 335.
- [6] Frank Fingerloos: Der Eurocode 2 für Deutschland –Erläuterungen und Hintergründe. Beton- und Stahlbetonbau 2010.  
Teil 1: Einführung in den Nationalen Anhang. Seite 342 – 348  
Teil 2: Grundlagen, Dauerhaftigkeit, Baustoffe, Spannungs-Dehnungslinien.  
Seite 406 – 420  
Teil 3: Begrenzung der Spannungen, Rissbreiten und Verformungen.  
Seite 486 - 495 .  
Teil 4: Bewehrungs- und Konstruktionsregeln. Seite 562 – 571.
- [7] Claus Kunz: DIN 19702 – Die Norm für massive Wasserbauwerke. Die Bautechnik 87 (2010), Seite 806 – 809.
- [8] Mitteilungsblatt Nr. 89 der Bundesanstalt für Wasserbau: Massive Wasserbauwerke nach neuer Norm. Mai 2006.



## Rissbreitenbegrenzung nach BAW-Merkblatt „Früher Zwang“

Dr.-Ing. J. Bödefeld (BAW)

Im Jahre 2004 hat die BAW das Merkblatt „Rissbreitenbegrenzung für frühen Zwang in massiven Wasserbauwerken“ (BAW, 2004) herausgegeben. Der Trend der ansteigenden Bewehrungsgehalte allein für die Mindestbewehrung besonders bei dickeren Stahlbetonbauteilen konnte damit gestoppt werden.

Da das im Merkblatt vorgeschlagene Verfahren keine mechanische Konsistenz aufwies und zu dem der Aufwand für die geforderten FE-Berechnungen erheblich war, wurde die Problematik im Rahmen eines FuE-Vorhabens detailliert untersucht. Die Ergebnisse sind in BAW (2010) ausführlich dargestellt und in Bödefeld et al. (2012) veröffentlicht.

Die Erkenntnisse haben dazu geführt, dass ein neues Merkblatt „Früher Zwang“ aufgestellt wurde. Zukünftig beeinflusst neben der Geometrie nur die adiabatische Temperaturentwicklung nach 7 d ( $\Delta T_{\text{adiab},7d}$ ) die Berechnung. Die erforderliche Bewehrungsmenge wird durch eine kompakte, überschaubare Berechnung geringen Umfangs ermittelt. Die sich auch durch die neue Normengeneration für dicke Querschnitte ergebenden Probleme treten dabei nicht auf.

Die Vorgehensweise wird im Merkblatt an zahlreichen Beispielen veranschaulicht.

### Literatur

Bödefeld, J., Ehmann, R., Schlicke, D., Tue, N.V. (2012): Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten in Stahlbetonbauteilen infolge des Hydratationsprozesses. Beton und Stahlbetonbau 107, Heft 1 und Heft 2.

BAW (2011): Rissbreitenbegrenzung für frühen Zwang in massiven Wasserbauwerken, November 2011, Merkblatt der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.  
([http://www.baw.de/de/die\\_baw/publikationen](http://www.baw.de/de/die_baw/publikationen))

BAW (2010): Rissmechanik in dicken Stahlbetonbauteilen bei abfließender Hydratationswärme. Mitteilungsblatt Nr. 92 der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.  
([http://www.baw.de/de/die\\_baw/publikationen](http://www.baw.de/de/die_baw/publikationen))

BAW (2004): Rissbreitenbegrenzung für frühen Zwang in massiven Wasserbauwerken, September 2004, Merkblatt der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.





## Beton und Bauausführung für massive Wasserbauwerke

Dipl.-Ing. A. Westendarp (BAW)

### 1 Normungssituation

Die neue Normengeneration im Bereich Massivbau ist auf europäischer und nationaler Ebene mit Ausnahme der DIN 19702 (Massivbauwerke im Wasserbau) in die Bereiche Bemessung/Konstruktion, Baustoffe und Bauausführung gegliedert. Diese Gliederung wurde auch in der ZTV-W LB 215:2012 fortgeführt, um dem Anwender die Orientierung im nochmals deutlich umfangreicher gewordenen Normenpaket nicht unnötig zu erschweren. In Bild 1 ist die aktuelle Normensituation für den Neubau massiver Wasserbauwerke dargestellt.

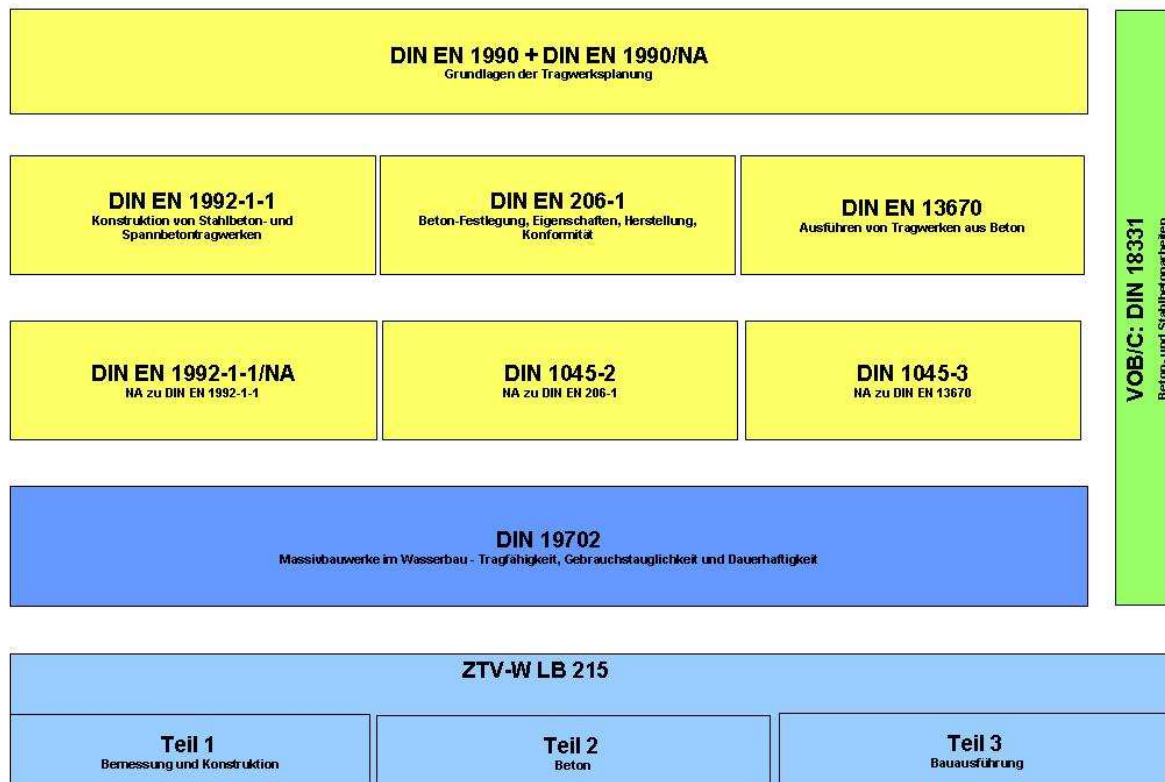


Bild 1: Normensituation für den Neubau massiver Wasserbauwerke (aus ZTV-W LB 215:2012)

Verzichtet wurde auf einen neuen Teil 4 der ZTV-W LB 215, der analog zur nationalen und europäischen Normung den Bereich Fertigteil regelt. Der für die Erstellung der ZTV-W LB 215 verantwortliche Arbeitskreis 15 war hier der Auffassung, dass zum jetzigen Zeitpunkt noch keine ausreichenden Erfahrungen mit der Verwendung von Fertigteilen im Verkehrswasserbau vorliegen.

Für den Bereich Baustoffe wesentlich sind die DIN EN 206-1:2001-07 in Verbindung mit dem nationalen Anwendungsdokument DIN 1045-2:2008-08 und den Regelungen der ZTV-W LB 215:2012, Teil 2. Für den Bereich Bauausführung sind künftig insbesondere die DIN 13670:2011-03 in Verbindung mit dem nationalen Anwendungsdokument DIN 1045-3:2012-03 sowie Teil 3 der ZTV-W LB 215:2012 zu beachten.

DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 haben im Hinblick auf die aktuelle Umstellung auf die Eurocodes keine Änderungen erfahren, die Ausrichtung auf die aktuelle Normengeneration ist im Wesentlichen bereits in den Jahren 2001 und 2008 vollzogen worden. Im Bereich Bauausführung neu ist die DIN EN 13670, deren Inhalte in Verbindung mit dem zugehörigen nationalen Anwendungsdokument DIN 1045-3 aber im Wesentlichen den Inhalten der bisherigen DIN 1045-3 aus dem Jahr 2008 entsprechen, welche ebenfalls bereits auf die neue Normungssituation hin konzipiert worden war.

Wesentliche inhaltliche Änderungen an den europäischen und nationalen Normen zu Baustoffen und Bauausführung waren also im Hinblick auf die Einführung der Eurocodes nicht erforderlich. Dies gilt gleichermaßen für die Teile 2 und 3 der ZTV-W LB 215, die hier mit der Fassung 2012 vorgenommenen Änderungen sind im Wesentlichen auf einen fachspezifischen Erkenntnisgewinn gegenüber der Ausgabe 2004 zurückzuführen. Die wichtigsten Änderungen der ZTV-W LB 215:2012 gegenüber der bisherigen Fassung sollen nachfolgend skizziert werden.

## **2 Nutzungsdauer, Betondeckung**

Den Teilen 1 bis 3 der ZTV-W LB 215 vorangestellt sind Hinweise zur Nutzungsdauer massiver Wasserbauwerke, welche auf Basis des o. g. Normenpakets erstellt werden. Die pauschale Angabe einer Nutzungsdauer von 100 Jahren unabhängig von der Einwirkungssituation gemäß ZTV-W LB 215:2004 wurde hierbei dahingehend relativiert, dass für Bauwerke bzw. Bauteile im Wasserwechsel- und im Unterwasserbereich mit Meerwasserbeaufschlagung (Expositionsklassen XS2 und XS3) künftig bei angestrebten Nutzungsdauern über 50 Jahre eine Dauerhaftigkeitsbemessung gefordert wird. Trotz gegenüber der ZTV-W LB 215:2004 in der ZTV-W LB 215:2012 nochmals verschärfter deskriptiver Anforderungen an die Bindemittelauswahl bei Chloridbeaufschlagung können Nutzungsdauern von 100 Jahren nicht für alle normativ zulässigen Kombinationen aus Mindestbetondeckung und Betonausgangsstoffen mit ausreichender Wahrscheinlichkeit sichergestellt werden. Die BAW erarbeitet derzeit im Rahmen eines FuE-Vorhabens zusammen mit der TU München und dem Deutschen Ausschuss für Stahlbeton entsprechende Bemessungskonzepte.

Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auf den Umstand, dass in Teil 1 der ZTV-W LB 215 die Mindestbetondeckung weiterhin für alle Expositionsklassen mit 50 mm bei einem Vorhaltemaß von 10 mm festgeschrieben bleibt. Die umfangreichen Möglichkeiten der Abstufung von Mindestanforderungen an die Betondeckung, welche mit DIN 1992-1-1 und zugehörigem Nationalem Anwendungsdokument eröffnet werden, mögen nach Auffassung des Arbeitskreises 15 zwar im Hin-

blick auf den Korrosionsschutz der Bewehrung angemessen sein. Im Wasserbau ist aber auch dem Aspekt der Betonkorrosion infolge Frost, mechanischem Angriff oder Hydroabrasion erhöhte Beachtung zu schenken, eine Verringerung der Betondeckung würde unter diesem Gesichtspunkt zu weniger robusten Bauwerken führen.

### **3 Baustoffe**

#### **3.1 Hydroabrasion**

Unter den nur in Deutschland existierenden Expositionsklassen XM1 bis XM3 (Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung) werden derzeit die unterschiedlichsten Formen mechanischer Beanspruchungen subsumiert. Dazu gehören neben Verschleißbeanspruchung infolge Güterumschlag und Verkehr im Bereich des Verkehrswasserbaus auch mechanische Beanspruchungen infolge Schiffsanfahrt und Hydroabrasion. Bei verschiedenen Baumaßnahmen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) wurde deutlich, dass die Zuordnung von Bauteilen zu den Expositionsklassen XM1 bis XM3 sehr unterschiedlich gehandhabt wird. In Zweifelsfällen wurde eher eine schärfere Expositionsklasse gewählt, woraus überzogene, im Hinblick auf andere Dauerhaftigkeitsaspekte sogar kontraproduktive Anforderungen an Betonzusammensetzung und Festbetoneigenschaften resultieren. Vor diesem Hintergrund wurden die wasserbauspezifischen Beispiele in Tabelle 2.1 der ZTV-W LB 215 überarbeitet. Gleichzeitig wurden Erfahrungswerte hinsichtlich der Anforderungen an die Betonzusammensetzung von Bauteilen mit Beanspruchung durch Hydroabrasion, welche in dieser Form in der nationalen und europäischen Norm nicht zu finden sind, in die ZTV-W LB 215 integriert. Diese Änderungen sind allerdings nur als ein erster Schritt zu sehen. In einem FuE-Vorhaben der BAW werden derzeit in Zusammenarbeit mit der TU Dresden und dem KIT für Bauteile mit Hydroabrasionsbeanspruchung Vorgaben hinsichtlich der realitätsnäheren Zuordnung zu Expositionsklassen und der Optimierung der Anforderungen an die Betonzusammensetzung erarbeitet.

#### **3.2 Adiabatische Wärmeentwicklung**

Eine wesentliche Neuerung der ZTV-W LB 215:2004 waren Anforderungen an die zulässige adiabatische Wärmeentwicklung von Betonen für massige Bauteile. Die anfangs kontrovers diskutierten, expositionsklassenabhängigen bzw. von den entsprechenden Mindestanforderungen an die Betonzusammensetzung abhängigen Grenzwerte haben sich in den vergangenen Jahren im Wesentlichen als angemessen erwiesen, wenn auch zu deren Einhaltung ein gewisses betontechnologisches Know-how sicherlich nicht verzichtbar ist. Als problematisch hat sich die Art der Abbildung der Anforderungen in Tabelle 2.2 der ZTV-W LB 215:2004 erwiesen.

Rein formal zulässig (wenn auch technisch wenig sinnvoll und in dieser Form auch nicht beabsichtigt) war bislang die Verwendung von Betonrezepturen mit höherer Hydratationswärmeentwicklung, wenn im Gegenzug die maximal zulässige Frischbetontemperatur auf weniger als 25 °C (bis hin zu 20 °C) beschränkt wurde. Die Wahl solcher Betonrezepturen durch den Auftragnehmer führte dazu, dass im Sommerhalbjahr zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der Frischbetontemperatur ergriffen oder die Betonagen verschoben werden mussten. Mit der Neufassung der Tabelle 2.2 der

ZTV-W LB 215 (siehe Tabelle 1) wird dieser Weg nunmehr versperrt. Künftig dürfen Betone mit höherer Hydratationswärmeentwicklung, wie sie für Winterbetonagen durchaus sinnvoll sind, erst ab Frischbetontemperaturen  $\leq 15\text{ °C}$  eingesetzt werden.

1	2	3	4	5
Beton mit Expositionsklassen	Beispiel (informativ)	$\Delta T_{\text{qadiab},7\text{d}}$ <sup>1)</sup>	max. Bauteiltemperatur	$f_{\text{cm,cube},28\text{d}}$ <sup>2)</sup>
	---	K	°C	N/mm <sup>2</sup>
XC1 / XC2	Schleusensohle	$\leq 28$ (33)	$\leq 53$	$\leq 41$
XC1 / XC2 + XA1	Schleusensohle in chemisch schwach angreifender Umgebung	$\leq 31$ (36)	$\leq 56$	$\leq 43$
XC1 / XC2 + XA2 (+XS2)	Schleusensohle in chemisch mäßig angreifender Umgebung und Meerwasserbauwerke	$\leq 36$ (41)	$\leq 61$	$\leq 46$
XC 1...4 + XF3 (+ XM1)	Schleusenkammerwand zwischen UW und OW	$\leq 36$ (41)	$\leq 61$	$\leq 46$
XC 1...4 + XF4 + XS3 + XA2 (+ XM1)	Vertikale Flächen im Wasserwechselbereich von Meerwasser	$\leq 40$ (45)	$\leq 65$	$\leq 49$
<sup>1)</sup> Bei Frischbetontemperaturen $\leq 15\text{ °C}$ dürfen die in Klammern gesetzten Werte verwendet werden. <sup>2)</sup> Hinsichtlich der Zulässigkeit eines von 28d abweichenden Zeitpunktes für den Nachweis der Festigkeitsklasse siehe Abschnitt 5.5 der DIN EN 206-1. Allerdings ist auch für einen von 28 Tagen abweichenden Zeitpunkt des Nachweises der Festigkeitsklasse die Einhaltung von $f_{\text{cm,cube},28\text{d}}$ nachzuweisen.				

Tabelle 1: Anforderungen an Beton für massive Bauteile (ZTV-W LB 215:2012, Tabelle 2.2)

### 3.3 Betonbauteile mit Frostbeanspruchung

Bauteile von Verkehrswasserbauwerken im Wasserwechselbereich liegen aufgrund des Wasserangebotes und der betriebs- oder gezeitenbedingten hohen Anzahl von Frost-Tau-Wechseln einer intensiven Frostbeanspruchung, wie sie in dieser Form nur in wenigen anderen Baubereichen in Deutschland auftreten. Über Jahrzehnte hinweg ist in- wie auch außerhalb der WSV kontrovers über die Frage diskutiert worden, ob Betone mit besonderen Anforderungen an den Frostwiderstand mit oder ohne Verwendung künstlich eingeführter Luftporen (LP-Beton) hergestellt werden sollte. DIN 1045-2 lässt auch in der aktuellen Fassung noch beide Varianten für frostbeanspruchte Betone in Verbindung mit hoher Wassersättigung (Expositionsklasse XF3) zu. Vielfältige Erfahrungen und Laboruntersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass mit beiden Varianten Betone mit hinreichendem Frostwiderstand hergestellt werden können. Es hat sich aber auch gezeigt, dass LP-Betone prinzipiell einen höheren Frostwiderstand aufweisen als solche ohne LP-Bildner, aber mit höheren Anforderungen an den Wasser/Bindemittel-Wert. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass ein für Wasserbauwerke ausreichender Frostwiderstand bei Betonen ohne LP-Bildner nicht mit allen nach Norm zulässigen Ausgangsstoffen auch tatsächlich immer zielsicher erreicht wird.

Diese Erkenntnisse haben dazu geführt, dass Betone ohne LP-Bildner künftig gemäß ZTV-W LB 215 für die Expositionsklasse XF3 nicht mehr zulässig sind. Betont werden muss allerdings, dass der Frostwiderstand von LP-Betonen nur gegeben ist, wenn sich die erforderliche Luftporenstruktur auch tatsächlich ausgebildet hat. Angesichts der Sensibilität moderner LP-Bildner ist diesem Umstand bei der Bauüberwachung unbedingt besondere Beachtung zu schenken. Als Vorteile von LP-Betonen sind neben dem hohen Frostwiderstand auch das moderate Festigkeits- und Verformungsverhalten zu nennen.

### **3.4 Normabweichende Anforderungen an die Betonzusammensetzung**

In der ZTV-W LB 215:2004 und auch in früheren Fassungen der ZTV sind die normativen Anforderungen der jeweiligen DIN 1045 an die Betonzusammensetzung stets übernommen worden. Dies ist mit der A1-Änderung zur ZTV-W LB 215 aus dem Jahr 2008 hinsichtlich der Anforderungen an Kammerwandbetone mit der Expositionsklasse XF3 sowie den neuen Regelungen der aktuellen ZTV für Planiebetone mit moderater Taumittelbeaufschlagung nun nicht mehr der Fall.

Bei Kammerwandbetonen hat man den positiven Erfahrungen der letzten Jahrzehnte mit Betonen der früheren Festigkeitsklasse B25 und Mindestzementgehalten von  $270 \text{ kg/m}^3$  Rechnung getragen und derartige Betone mit aktueller Festigkeitsklasse C20/25 bei Verwendung bestimmter Bindemittel und unter der Voraussetzung einer bestandenen Frostprüfung nach dem CIF-Verfahren wieder zugelassen. Die Anforderungen der DIN 1045-2 bzw. der DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton (Zementgehalt  $\geq 300 \text{ kg/m}^3$ ; Mindestfestigkeitsklasse C25/30) werden hier unterschritten.

Bei Planien von Schleusenammerwänden und vergleichbaren Bauteilen mit moderatem Taumiteinsatz ist formal die Expositionsklasse XD3 zu wählen, auch wenn die Taumittelbeanspruchung wohl kaum mit der von Bauteilen im Straßenbereich wie Brückenkappen zu vergleichen ist. Die entsprechenden Anforderungen der DIN 1045-2 an die Betonzusammensetzung mit Mindestanforderungen an den Wasser/Bindemittel-Wert von 0,45 erscheinen für die genannten Planiebereiche als zu hoch und sind im Hinblick auf die Wärmeentwicklung und die Festbetoneigenschaften der Dauerhaftigkeit insgesamt nicht unbedingt dienlich. Vor diesem Hintergrund wurden die Mindestanforderungen an den Wasser/Bindemittel-Wert von 0,45 auf 0,50 gesenkt. Mit weiteren Anforderungen in der ZTV-W LB 215:2012 wie der Begrenzung des Wassergehaltes zur Minimierung des Schwindens sollen insgesamt dauerhaftere Planiebereiche sichergestellt werden. Neben baustofflichen Anforderungen sind in diesem Zusammenhang auch konstruktive Vorgaben zu den Ausbildungsvarianten „Frisch-auf-frisch“ und „Frisch-auf-fest“ in Teil 1 und Vorgaben zu Schutz und Nachbehandlung in Teil 3 der ZTV-W LB 215 zu nennen.

## **4 Bauausführung**

### **4.1 Schalung, Betonoberflächen**

Im Hinblick auf die Anforderungen an die Schalung verweist die ZTV-W LB 215 künftig auf das DBV-Merkblatt „Sichtbeton“. In der Vergangenheit nicht eindeutig definierte Anforderungen wie

beispielsweise „Schalung mit saugender Oberfläche“ werden damit künftig nach einvernehmlichen Kriterien beschrieben.

Gleiches gilt auch für die Anforderungen an die Beschaffenheit der Betonoberfläche. Wasser- und luftberührte Flächen müssen künftig den Anforderungen der Sichtbetonklasse 2 gemäß DBV-Merkblatt „Sichtbeton“ genügen.

#### 4.2 Arbeitsfugen

Ein Schwerpunkt bei der Überarbeitung der ZTV-W LB 215:2004 war sicherlich die Optimierung der Anforderungen an die Ausbildung von Arbeitsfugen in Betonbauteilen von Wasserbauwerken. In derartigen Arbeitsfugen müssen insbesondere folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Sicherstellung der Wasserundurchlässigkeit
- Sicherstellung der Dauerhaftigkeit der Betonrandzone
- Sicherstellung der Schubkraftübertragung

Die Schubkraftübertragung kann im Regelfall problemlos über die die Arbeitsfuge kreuzende Bewehrung sichergestellt werden. Hinsichtlich der Sicherstellung der Wasserundurchlässigkeit der Arbeitsfuge insgesamt und der Dauerhaftigkeit der Betonrandzone sind die vorhergehenden Betonierabschnitte gemäß ZTV-W LB 215 derart vorzubereiten, dass das Grobkorngerüst des Betons freiliegt. Diese bereits in der ZTV-W LB 215:2004 enthaltene, eher qualitative Forderung gab immer wieder Anlass zu Diskussionen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer. Vor diesem Hintergrund wurde beschlossen, die bereits in DIN 1045-1 (2001) enthaltene und in der aktuellen Normung fortgeführte Systematik hinsichtlich der Schubkraftübertragung in Fugen aufzunehmen und zur Beschreibung der Anforderungen an Arbeitsfugen im Verkehrswasserbau zu nutzen. Rauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit

- von nicht geschalteten Arbeitsfugen müssen im gesamten Arbeitsfugenbereich einschließlich der späteren Betonüberdeckung unmittelbar vor dem Betoneinbau den Anforderungen der Kategorie „verzahnt“ gemäß DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 6.2.5, genügen. Die Zuordnung zur Kategorie „verzahnt“ bedingt eine mittlere Rautiefe nach dem Sandflächenverfahren von Kaufmann  $R_t \geq 3,0$  mm bzw. eine maximale Profilkuppenhöhe  $R_p \geq 2,2$  mm bzw. mindestens 6 mm Freilegen der Gesteinskörnung bei Verwendung einer Gesteinskörnung mit  $d_g \geq 16$  mm.
- von geschalteten Arbeitsfugen müssen im gesamten Arbeitsfugenbereich einschließlich der späteren Betonüberdeckung unmittelbar vor dem Betoneinbau den Anforderungen der Kategorie „rau“ gemäß DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 6.2.5, genügen. Die Zuordnung zur Kategorie „rau“ bedingt eine mittlere Rautiefe nach dem Sandflächenverfahren von Kaufmann  $R_t \geq 1,5$  mm bzw. eine maximale Profilkuppenhöhe  $R_p \geq 1,1$  mm bzw. mindestens 3 mm Freilegen der Gesteinskörnungen.

*Anmerkung: Zu hinterfragen ist, warum in der nationalen und europäischen Betonnormung die bei der Bemessung zugrunde gelegten, in vier Kategorien gegliederten Anforderungen an die Schubkraftübertragung in Fugen bei der Ausführung nicht in gleicher Form aufgenommen werden (Schnittstellenproblematik).*

Zur Sicherstellung der Wasserundurchlässigkeit von Arbeitsfugen im Erstbeton sind ergänzend zur vorgenannten Ausbildung der Anschlussfläche Dichtelemente anzuordnen. Bei einer Bauweise mit Bewegungsfugen sind hierbei zwei innenliegende Dichtungsebenen, bei monolithischer Bauweise eine mittige Dichtungsebene vorzusehen. Bei horizontalen Arbeitsfugen sind hier Fugenbleche, bei vertikalen Arbeitsfugen Fugenbleche oder Elastomer-Fugenbänder mit Stahllaschen nach DIN 7865-1 anzuordnen. Als zusätzliche Sicherungsmaßnahme für die Dichtigkeit und damit Dauerhaftigkeit der Arbeitsfuge im Bereich der Betondeckung ist im Bereich der Bewehrung ein Injektionschlauch einzulegen.

Eine wesentliche Änderung gegenüber der ZTV-W LB 215:2004 ist die Forderung, dass bei Verwendung von Streckmetall dieses vor dem Einbau des Betons des nächsten Betonierabschnittes komplett aus der Arbeitsfuge zu entfernen ist. Diese sicherlich aufwändige und damit kostenintensive Forderung ist darin begründet, dass im Bauteil verbleibende Streckmetalllagen eine potentielle Wasserwegigkeit darstellen. Entsprechende Untersuchungen der BAW an ausgeführten Bauwerken sollen demnächst veröffentlicht werden.

#### **4.3 Bewegungsfugen**

Aspekte zu Planung, Fugenbandauswahl und Ausführung von Bewegungsfugen zwischen einzelnen Betonbauteilen sowie zwischen Betonbauteil und Stahlbau sollten ursprünglich in einem eigenen Papier zusammengestellt werden. Aus Kapazitätsgründen wurde dieses Vorhaben zurückgestellt und die Anforderungen hinsichtlich der Abdichtung von Bewegungsfugen zwischen Betonbauteilen im Neubau in die ZTV-W LB 215 und den zugehörigen Standardleistungskatalog integriert. Bei einer Bauweise mit Bewegungsfugen sind in einer Bewegungsfuge zwei Dichtungsebenen mit innenliegenden Dehnfugenbändern vorzusehen. Hinsichtlich der Ausbildung der oberflächennahen Bauteilbereiche von Bewegungsfugen (Abschrägungen, Verzicht auf Abschlussfugenbänder etc.) wird in der ZTV-W LB 215:2012 auf BAW-Brief-2008 verwiesen.

#### **4.4 Schimmelbildung**

Als ein nicht zu unterschätzendes Problem bei der Bauausführung und dem anschließenden Betrieb insbesondere von Schleusenanlagen hat sich in den letzten etwa 10 Jahren die Bildung von Schimmelpilzen auf den Oberflächen innenliegender Betriebsgänge und -räume erwiesen. (Mit-)Ursächlich hierfür dürfte die in der ZTV-W LB 215:2004 aufgestellte Forderung sein, wonach Trennmittel für Schalungen biologisch schnell abbaubar sein müssen. Diese unter Umweltaspekten vordergründig sinnvoll erscheinende Forderung hat, z. T. in Verbindung mit unzureichender Berücksichtigung bauphysikalischer Aspekte, die Schimmelpilzbildung begünstigt. Die Aufwendungen im Hinblick auf den Gesundheitsschutz der Beschäftigten und die Beseitigung des Pilzbe-



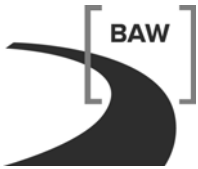
wuchses waren teilweise erheblich. Zur Vermeidung dieser Problematik sind deshalb nach neuer ZTV-W LB 215 biologisch schnell abbaubare Trennmittel für während der Nutzung trockene Innenräume nicht mehr zugelassen.

## 5 Zusammenfassung

In den Bereichen Baustoffe und Bauausführung wurde bereits in 2001 bzw. 2008 mit der Einführung der DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 sowie der DIN 1045-3 die Umstellung auf die neue Normung eingeleitet. Wesentliche Inhaltliche Änderungen waren somit in 2012 im Hinblick auf die Umstellung auf Eurocodes nicht mehr erforderlich. Der Änderungsbedarf an den zugeordneten Teilen 2 und 3 der ZTV-W LB 215 resultiert somit in erster Linie aus technischem Erkenntnisgewinn gegenüber der bisherigen Fassung 2004 dieses Regelwerkes. In diesem Zusammenhang insbesondere zu nennen sind für Teil 2 (Baustoffe) Änderungen bei Hydroabrasion, Begrenzung der Hydratationswärmeentwicklung und Frostwiderstand von Beton sowie für Teil 3 (Bauausführung) Änderungen bei den Anforderungen an Schalung, Betonoberflächen und die Ausbildung von Arbeitsfugen.

## Literaturverzeichnis

BAW-Brief-2008	BAW-Brief 3/2008: Ausbildung von Bewegungsfugen im bauteiloberflächennahen Bereich. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
DAfStb-1	DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb).
DBV-1	DBV-Merkblatt „Sichtbeton“. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.
DIN EN 206-1	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Beuth-Verlag, Berlin.
DIN 1045-2	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Anwendungsregel zu DIN EN 206-1. Beuth-Verlag, Berlin.
DIN 1045-3	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 3: Bauausführung, Anwendungsregel zu DIN EN 13670. Beuth-Verlag, Berlin.
DIN EN 1990	Grundlagen der Tragwerksplanung, einschließlich Nationaler Anhang. Beuth-Verlag, Berlin.
DIN EN 1992-1-1	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1, Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Beuth-Verlag, Berlin.
DIN EN 1992-1-1/NA	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Beuth-Verlag, Berlin.
DIN 7865-1	Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 1: Formen und Maße



DIN EN 13670

Ausführung von Tragwerken aus Beton. Beuth-Verlag, Berlin.

DIN 19702

Massivbauwerke im Wasserbau – Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Beuth-Verlag, Berlin.

ZTV-W LB 215

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton, Leistungsbereich 215. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Wasserstraßen, Schifffahrt



## **Der Eurocode für den Stahlbau**

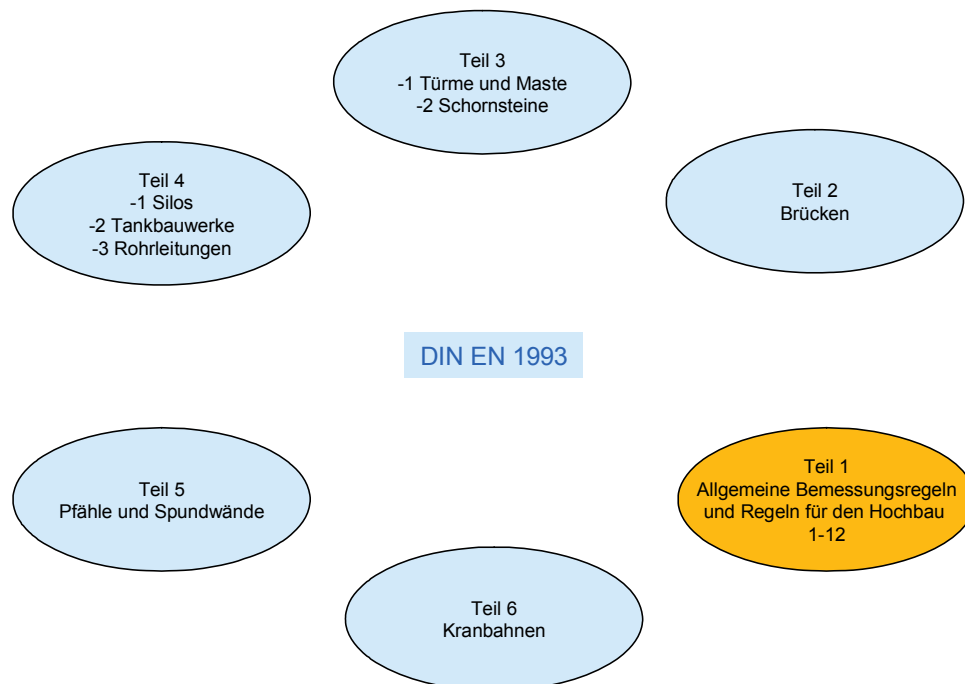
Dipl.-Ing. M. Deutscher (BAW)

### **Überblick über die Normenteile der DIN EN 1993**

Der Eurocode 3 gilt für den Entwurf sowie für die Berechnung und Bemessung von Bauwerken aus Stahl und löst die bisher geltenden nationalen Regelwerke ab. Er behandelt die Anforderungen an die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand. Das Bemessungskonzept des Eurocode 3 beruht, wie auch bei der DIN 18800, auf einer Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung von Imperfektionen, Kombinationen von Einwirkungen und der Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten sowohl auf der Einwirkungsseite als auch auf der Widerstandsseite.

In Deutschland wird der Eurocode 3 unter DIN EN 1993 veröffentlicht mit Hinweisen an welchen Stellen des Normenwerks nationale Festlegungen getroffen werden können. Nationale Festlegungen werden in den Nationalen Anhängen festgeschrieben, die separat für jeden Teil der oben genannten Norm aufgestellt wurden. Die Anwendung des Eurocodes ist nur in Verbindung mit diesen Nationalen Anhängen möglich, die mittlerweile für alle Teile des Eurocodes 3 vorliegen. In den Nationalen Anhängen dürfen nur Parameter (z.B. Teilsicherheitsbeiwerte) festgelegt werden, die im Eurocode offen gelassen wurden und für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten erforderlich sind. Die Stellen, die für national festzulegende Parameter geöffnet wurden, werden im Vorwort als auch im Text der jeweiligen Normenteile gekennzeichnet. Die national festgelegten Parameter gelten für die Planung von Tragwerken in dem Land, in dem sie errichtet werden. Konsolidierte Fassungen, in denen Norm und nationaler Anhang zusammengefasst wurden, liegen für die DIN EN 1993 bereits vor und erleichtern deutlich die Lesbarkeit. Die sechs Hauptteile der europäischen Stahlbaunorm sind in Bild 1 dargestellt.

Die für den Stahlwasserbau maßgebenden Teile sind in der Grundnorm DIN EN 1993-1 enthalten, die wiederum aus 12 Teilen besteht, die jeweils spezielle Stahlbauteile, Grenzzustände oder Werkstoffe behandeln. Neben dieser Grundnorm für den Stahlbau enthält die DIN EN 1993 fünf weitere Anwendungsnormen, die sich auf spezielle Stahltragwerke wie Brücken, Türme, Silos, Spundwände und Kranbahnen beziehen.



**Bild 1:** Übersicht über die Teile der europäischen Stahlbaunorm DIN EN 1993

Der Eurocode 3 *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten* besteht aus insgesamt 20 Teilen. Zusammen mit den jeweiligen Nationalen Anhängen (NA) beinhaltet der Eurocode 3 ca. 1700 Seiten Normtext (siehe Tabelle 1) und bildet somit etwa ein Fünftel des Gesamtumfangs des Eurocodes.

Normenbezeichnung	Titel	Seiten Norm	Seiten NA
DIN EN 1993-1-1	Allgemeine Bemessungsregel und Regeln für den Hochbau	107	12
DIN EN 1993-1-2	Allgemeine Regeln-Tragwerksbemessung für den Brandfall	88	8
DIN EN 1993-1-3	Allgemeine Regeln-Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche	147	10
DIN EN 1993-1-4	Allgemeine Regeln-Ergänzende Regeln für nichtrostende Stähle	41	4
DIN EN 1993-1-5	Plattenförmige Bauteile	70	8
DIN EN 1993-1-6	Festigkeit und Stabilität von Schalen	107	11
DIN EN 1993-1-7	Plattenförmige Bauteile mit Querbelastung	45	2
DIN EN 1993-1-8	Bemessung von Anschlüssen	150	20
DIN EN 1993-1-9	Ermüdung	43	6
DIN EN 1993-1-10	Stahlsortenauswahl	22	5
DIN EN 1993-1-11	Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl	45	8
DIN EN 1993-1-12	Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis S700	12	5
DIN EN 1993-2	Stahlbrücken	127	62
DIN EN 1993-3-1	Türme und Maste	93	43
DIN EN 1993-3-2	Schornsteine	34	10
DIN EN 1993-4-1	Silos	118	8
DIN EN 1993-4-2	Tankbauwerke	58	6
DIN EN 1993-4-3	Rohrleitungen	43	4
DIN EN 1993-5	Pfähle und Spundwände	94	12
DIN EN 1993-6	Kranbahnen	47	9
<b>Gesamt:</b>		<b>1491</b>	<b>253</b>

**Tabelle 1:** Seitenumfang des Eurocode 3 (Norm) und der Nationalen Anhänge (NA)

Mit der Ausgabe der *Wasserstraßenspezifischen Liste Technischer Baubestimmungen* (WLTB) im September 2012 wurden die wesentlichen Teile der DIN EN 1993 mit ihren Nationalen Anhängen im Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) eingeführt. Dies betrifft die Teile DIN EN 1993-1 (Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau) ohne den Teil DIN EN 1993-1-4 (Nichtrostende Stähle), sowie die Teile DIN EN 1993-4-1 (Silos), DIN EN 1993-5 (Pfähle und Spundwände) und DIN EN 1993-6 (Kranbahnen). Für Brücken sind die Regelungen des jeweiligen Verkehrsträgers im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) maßgebend. Momentan ist die DIN EN 1993-2 (Stahlbrücken) jedoch noch nicht eingeführt. Dies soll voraussichtlich zum 01.12.2012 erfolgen. Den wesentlichen Inhalt spiegelt bereits der eingeführte DIN Fachbericht 103 wieder. Die DIN EN 1993-1-4 (Nichtrostende Stähle) ist ebenfalls noch nicht eingeführt. Hier sei auf die Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 vom April 2009 mit dem Titel *Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen* verwiesen.

Viele der bekannten nationalen Regelungen finden sich in den technischen Regelungen des Eurocodes 3 wieder. Der Eurocode 3 darf nicht mit der nationalen Norm DIN 18800 vermischt werden. Sonderregelungen gibt es, z.B. für Bauteile mit Typenprüfungen und allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, die auf Grundlage von nationalen Regelwerken (z.B. DIN 18800) entstanden sind und ein klar abgegrenztes Teiltragwerk in einem Gesamttragwerk darstellen.

Die für den Entwurf und die Bemessung von Tragwerken des Stahlwasserbaus ebenfalls maßgebende DIN 19704 liegt als Entwurf vor und wird im folgenden Beitrag vorgestellt. DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2, in der die Ausführung von Stahltragwerken geregelt wird, wurden ebenfalls im September 2012 eingeführt und ersetzen die DIN 18800-7. Die DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2 wird ebenfalls in einem der folgenden Beiträge vorgestellt.

Informationen zu den Eurocodes und zum Stand der Umsetzung kann unter [www.eurocode-online.de](http://www.eurocode-online.de) eingesehen werden. Hintergrundinformationen, z. B. zur Verlängerung der Koexistenzperiode zwischen der EN 1090-1 und den nationalen Regelwerken werden unter anderem in den DIBt-Newslettern unter [www.dibt.de](http://www.dibt.de) gegeben. Für den Bereich des Verkehrswasserbaus wird auf die Wasserstraßenspezifischen Liste Technischer Baubestimmungen und den Einführungserlass des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) vom 15.09.2012 hingewiesen.

### **DIN EN 1993-1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau**

In diesem Normenteil sind die allgemeinen Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau aufgeführt. Als mitgeltendes Regelwerk wird unter anderem die Ausführungsnorm DIN EN 1090 genannt, in der technische Anforderungen an die Herstellung und Errichtung von Stahlbauten geregelt sind. Nur durch Beachtung dieser „Ausführungsnorm“ kann die in DIN EN 1993 geforderte Zuverlässigkeit des Tragwerks erreicht werden.

Festzustellen ist, dass sich im Vergleich zu den nationalen Normen einige Formelzeichen ändern. Ein kleiner Auszug ist in Tabelle 2 dargestellt.

	DIN EN 1993	DIN 18800
Stegdicke:	$t_w$	$t_s$
Gurtdicke:	$t_f$	$t_g$
Knicklänge:	$L_{cr}$	$s_k$
Abminderungsbeiwert für Biegedrillknicken:	$\chi_{LT}$	$\kappa_M$
Abminderungsbeiwert für Knicken:	$\chi$	$\kappa$
Höhe des geraden Stegteils:	$d$	$h - 2c$

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Formelzeichen

Weiter ist zu bemerken, dass der Anwendungsbereich dieses Normenteils für eine Werkstückdicke ab  $t > 3\text{ mm}$  gilt. Bei geringeren Bauteildicken, die im Stahlwasserbau in der Regel nicht vorkommen, ist DIN EN 1993-1-3 zu beachten.

Nennwerte der Werkstoffeigenschaften sind in der Regel als charakteristische Werte anzunehmen. Leichte Änderungen der Nennwerte von Streckgrenze und Zugfestigkeit sind im Vergleich zur DIN 18800 vorgenommen worden (siehe Tabelle 3). Bei einer Bauteildicke  $t \leq 40\text{ mm}$  ist z. B. bei der Stahlsorte S235 eine Streckgrenze von  $f_{yk} = 235\text{ N/mm}^2$  statt bisher  $f_{yk} = 240\text{ N/mm}^2$  anzusetzen.

Werkstoffnorm und Stahlsorte	Erzeugnisdicke $t$ mm			
	$t \leq 40\text{ mm}$		$40\text{ mm} < t \leq 80\text{ mm}$	
	$f_y$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>	$f_y$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>
<b>EN 10025-2</b>				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	490	335	470
S 450	440	550	410	550
<b>EN 10025-3</b>				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540

Tabelle 3: Nennwerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit für warmgewalzten Baustahl, Auszug aus DIN EN 1993-1-1

Die im Eurocode 3 angegebenen Faktoren und Parameter, die die Zuverlässigkeit regeln, sind Empfehlungen. Das Sicherheitsniveau und somit die Vorgabe der Teilsicherheitsbeiwerte obliegen den einzelnen Mitgliedsländern und werden in den jeweiligen Nationalen Anhängen geregelt. Dabei können auf nationaler Ebene unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte für das gleiche Nachweiskriterium bei gleicher Bezeichnung in den Nationalen Anhängen der Normenteile festgelegt werden. Beispielhaft werden die Teilsicherheitsbeiwerte für die Beanspruchbarkeiten „fließen im Querschnitt“ und „Stabilitätsversagen“ in Tabelle 4 dargestellt. Festzustellen ist, dass Deutschland bei Stabilitätsnachweisen der europäischen Empfehlung nicht gefolgt ist. In der E DIN 19704 wird für beide Nachweiskriterien auf der Widerstandsseite ein Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_M = 1,1$  gefordert. Zu bemerken ist, dass bei Querschnittsnachweisen mit Schnittgrößen nach Theorie II-Ordnung, die als Stabilitätsnachweise zu verstehen sind, der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M1}$  zu verwenden ist.

		DIN EN 1993-1-1	DIN EN 1993-1-1/NA	DIN EN 1993-2	DIN EN 1993-2/NA	E DIN 19704
Fließen im Querschnitt	$\gamma_{MO}$	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
Stabilitätsverlust	$\gamma_{M1}$	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1

**Tabelle 4: Teilsicherheitsbeiwerte der Beanspruchbarkeit**

Bei Stahlwasserbauwerken wird ein elastischer Querschnittsnachweis in den maßgebenden Querschnittspunkten nach der unten dargestellten Formel geführt. Bei diesem „konservativen Interaktionsnachweis“ bleiben plastische Querschnittsreserven gänzlich unberücksichtigt.

$$\left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) + 3 \left( \frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \leq 1$$

Zu bemerken ist, dass es sich hierbei um keine Vergleichsspannung handelt und somit keine Angabe des Auslastungsgrades, wie nach DIN 18800 mit dem bekannten Wurzelausdruck möglich, vorgenommen werden kann.

Zusammenfassend sind im Vergleich mit DIN 18800 viele Nachweisformate in der DIN EN 1993 sehr ähnlich oder auch gleich. Einige Änderungen resultieren aus einem neuen Kenntnisstand oder wurden aus Bemessungsnormen anderer Mitgliedsländer übertragen.



## DIN EN 1993-1-8 Anschlüsse

Im Unterschied zur DIN 18800-1, in der die Nachweise für Bauteile und Anschlüsse gemeinsam abgehandelt werden, erhalten die Anschlüsse mit DIN EN 1993-1-8 einen eigenen Normenteil. Nach DIN EN 1993-1-8 sind die in Tabelle 5 aufgeführten Schraubenfestigkeitsklassen zugelassen. Der Nationale Anhang schließt jedoch die Verwendung der Festigkeitsklassen 4.8, 5.8, und 6.8 aus.

Festigkeitsklasse	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}$	400	400	500	500	600	800	1000

Tabelle 5: Streckgrenze und Zugfestigkeit von Schrauben

Im Vergleich zur DIN 18800, wird jetzt bei zugbeanspruchten Schraubenverbindungen ein Durchstanznachweis (siehe unten) für die anzuschließenden Bauteile verlangt. Nachgewiesen werden muss, dass der Schraubenkopf bzw. die Schraubenmutter nicht durch die Kopfplatte stantzt. Die Bemessungsregeln dürfen ab einer Blechdicke von  $t = 3$  mm angewendet werden.

Grenzdurchstanzkraft: 
$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M_2}}$$

Sowohl für die Schrauben, als auch für die zu verbindenden Bauteile werden die Nachweise einheitlich auf  $f_u$ -Niveau (Zugfestigkeit) geführt. Der Doppelnachweis wie in DIN 18800 gefordert, bei dem gegen die Streckgrenze und die Zugfestigkeit nachgewiesen werden muss, wird in DIN EN 1993-1-8 nicht gefordert. Da der Nachweis gegen die Streckgrenze bei Schrauben mit geringerer Festigkeitsklasse in der Regel maßgebend wurde, wird nach dem europäischen Regelwerk eine vergleichsweise höhere Grenztragfähigkeit ermittelt. Bei hochfesten Schrauben wird eine Erhöhung der Grenztragfähigkeit nicht erwartet.

In der Literatur wird im Vergleich zur DIN 18800 eine ca. 20% höhere Lochleibungstragfähigkeit bei der Verwendung des DIN EN 1993-1-8 festgestellt. Bei der Abschertragfähigkeit (ausgenommen Festigkeitsklasse 10.9) wird aufgrund des größeren Teilsicherheitsbeiwertes von  $\gamma_{M_2} = 1,25$  zukünftig eine geringere Grenztragfähigkeit erwartet. Bei kombinierten Zug- und Abscherbeanspruchungen gehen die einzelnen Anteile nicht mehr wie nach DIN 18800 zu gleichen Anteilen in die Interaktionsgleichung ein.

In DIN EN 1993-1-8 werden verschiedene Kategorien von Schraubenverbindungen aufgeführt. Zu bemerken ist, dass gleitfeste Schraubenverbindungen im Stahlwasserbau nicht zulässig sind. Werden für scherbeanspruchte Verbindungen Passschrauben eingesetzt, darf das Gewinde nicht in der Scherfuge liegen. Das zulässige Lochspiel ist im Vergleich zur DIN 18800 bei Passschrauben kleiner geworden. Wird von der geforderten Lochform abgewichen, sind die Beanspruchbarkeiten durch Reduktionsfaktoren abzumindern.

Bei der Angabe von Grenzwerten für Loch- und Randabstände wird in DIN EN 1993-1-8 eine Differenzierung nach Umgebungsbedingungen (korrosive Einflüsse) und Stahlsorten vorgenommen. Zusätzlich sind für Bolzenverbindungen Bemessungsregeln für austauschbare Bolzen angegeben. Die Lochleibungsspannung ist im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu begrenzen

Auch bei geschweißten Anschlüssen wird, wie bei Schrauben, die Zugfestigkeit als Basisgröße in den Nachweisformaten verwendet. Dies hat zur Folge, dass der Tragwerksplaner den Stahl vollständig beschreiben muss, da die Zugfestigkeit bei gleicher Stahlsorte in Abhängigkeit des Herstellungsverfahrens unterschiedlich ist. Bei Kehlnahtverbindungen können die Nachweise entweder nach einem vereinfachten Nachweisverfahren oder nach dem Richtungsverfahren nachgewiesen werden. Das vereinfachte Nachweisverfahren entspricht im Wesentlichen dem der DIN 18800. Mit dem Richtungsverfahren kann im Vergleich zum Vereinfachten Verfahren häufig eine größere Tragfähigkeit ermittelt werden.

### **DIN EN 1993-1-9 Ermüdung**

Verschlussorgane im Stahlwasserbau gelten in der Regel als nicht vorwiegend ruhend belastet, sodass für die Stahlbauteile ein Ermüdungsnachweis zu führen ist. Ermüdungsnachweise sind mit den maximalen Spannungsschwingbreiten zu führen, die sich in der ständigen Bemessungssituation aus den ermüdungswirksamen Einwirkungen ergeben. Der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen ist mit  $\gamma_{Ff} = 1,0$  festgelegt. Abgrenzungskriterien wie nach DIN 18800, Element 741 (siehe unten), bei denen bei geringen Spannungsschwingbreiten bzw. Lastspielzahlen auf einen Ermüdungsnachweis verzichtet werden, sind im aktuellen Regelwerk für Stahlwasserbauteile nicht enthalten.

$$\Delta\sigma < 26N/mm^2$$

$$n < 5 \cdot 10^6 \cdot (26/\Delta\sigma)^3$$

DIN 18800

Das Abgrenzungskriterium gilt für Spannungsschwingbreiten, die aus den Bemessungswerten ermittelt wurden. Hinweise für anzunehmende Lastspielzahlen werden im Anhang A der E DIN 19704-1 gegeben. Demnach sind beispielsweise für ein Schleusentor mindestens 10 Lastspiele pro Tag bei 300 Betriebstagen im Jahr anzusetzen. In der Regel sind die Lastspielzahlen projektspezifisch und unter Berücksichtigung der Verkehrsprognose festzulegen.

In der DIN EN 1993-1-9 werden zwei Sicherheits- und Zuverlässigkeitskonzepte aufgeführt:

- Konzept der Schadenstoleranz
- Konzept der sicheren Lebensdauer

Das Konzept der Schadenstoleranz akzeptiert Ermüdungsrisse. Voraussetzung für dieses Konzept ist ein verbindliches Inspektions- und Wartungsprogramm und eine Konstruktion, die bei einem Ermüdungsschaden ein ausreichendes Lastumlagerungsvermögen besitzt, sodass ein Systemkollaps vermieden wird. Ein weiteres Kriterium für die Anwendbarkeit dieses Konzeptes ist die Zugänglichkeit, um geschädigte Bauteile instand setzen oder austauschen zu können.

Können Ermüdungsrisse zum Versagen wesentlicher Tragwerksteile führen oder ist eine Schadenserkennung und Schadensbehebung nicht ohne weiteres möglich, ist das Konzept der sicheren Lebensdauer anzuwenden. Bei diesem Konzept sollen Ermüdungsrisse von vornherein ausgeschlossen werden. Wie Tabelle 6 zeigt, verwenden die beiden Konzepte unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite.

Zuverlässigkeitskonzept	Schadensfolge	
	niedrig	hoch
Konzept der Schadens-toleranz	1,0	1,15
Konzept der sicheren Lebensdauer	1,15	1,35

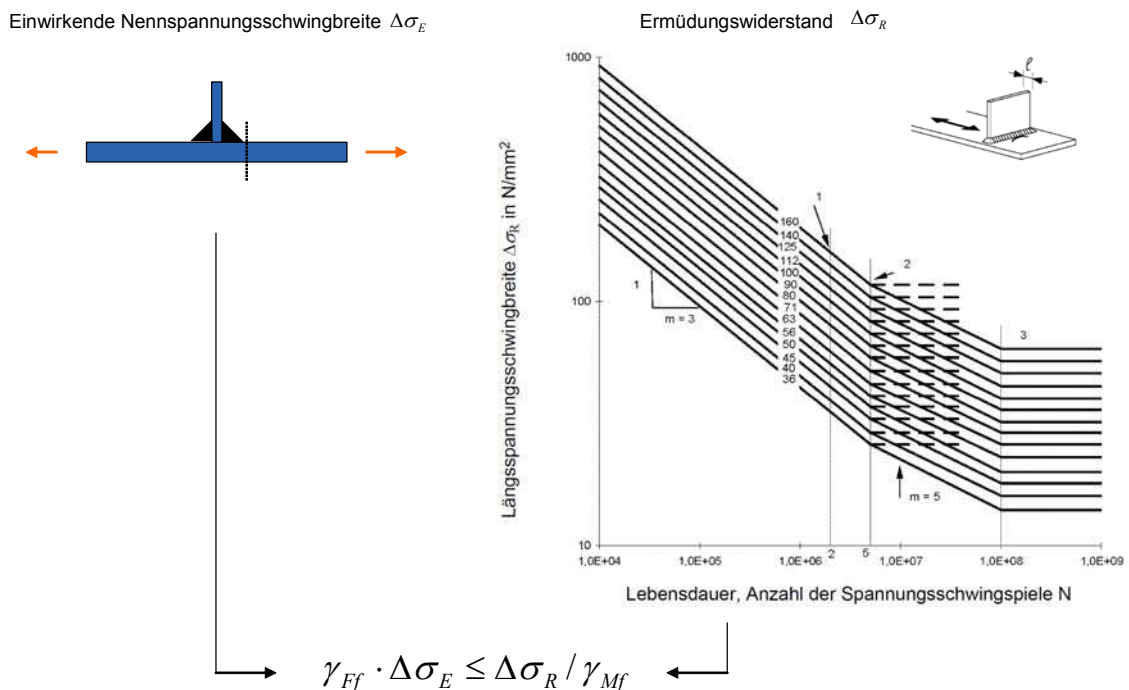
*Tabelle 6:  $\gamma_{Mf}$  – Faktoren für die Ermüdungsfestigkeit*

Für Ermüdungsnachweise von Stahlwasserbauten wird in der E DIN 19704-1 ein Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite von  $\gamma_{Mf} = 1,35$  vorgegeben. Beim Ermüdungsnachweis von Stauwandblechen darf der Teilsicherheitsbeiwert auf  $\gamma_{Mf} = 1,15$  reduziert werden, wenn die Normalspannungen im Druckschwellbereich liegen.

Der Nachweis der Ermüdungsfestigkeit wird häufig mit dem so genannten Nennspannungskonzept geführt, das auf der Einwirkungsseite bei der Ermittlung der Spannungsschwingbreite keinen Ein-

fluss der Kerbschärfe berücksichtigt. Bei der Ermittlung des Ermüdungswiderstandes wird die zulässige Schwingbreite in Abhängigkeit der Kerbschärfe des Konstruktionsdetails und der Lastspielzahl mit Hilfe von Wöhlerlinien bestimmt. Für häufig vorkommende Konstruktionsdetails stellt die DIN EN 1993-1-9 einen Kerbfallkatalog zur Verfügung, aus dem die Kerbschärfe (Kerbfall), die mögliche Anrissstelle und die Anforderungen an die Detailausbildung hervorgehen.

#### Nennspannungskonzept



Die Nachweisformate des Normenteils DIN EN 1993-1-9 setzen voraus, dass das Tragwerk nach DIN EN 1090 ausgeführt wurde und einen ausreichenden Korrosionsschutz während der gesamten Lebensdauer besitzt. Die Anwendung dieses Normenteils gilt zudem nur für Werkstoffe, die die Zähigkeitsanforderungen nach DIN EN 1993-1-10 erfüllen und einen stabiles Risswachstum erwarten lassen.

#### DIN EN 1993-1-10 Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung

Die Stahlsortenauswahl nach DIN EN 1993-1-10 ist zur Vermeidung von Spröd- und Terrassenbrüchen bei Neukonstruktionen durchzuführen. Die Regelungen der DIN EN 1993-1-10 zu Sprödbrüchen ist nahezu identisch mit denen der DAST-Richtlinie 009. Die Auswahl der Stahlsorte im Hinblick auf die Bruchzähigkeit kann nach drei Methoden erfolgen:

- Tabelle (Regelfall)
- Bruchmechanische Methode (Spezialisten)
- Experimenteller Nachweis

Die Aussagegenauigkeit steigt von der ersten zur dritten Methode. Bei der Stahlsortenauswahl anhand der dargestellten Tabelle 7 wird eine Korrelation zwischen der Bruchzähigkeit im eingebauten Zustand zu den in der Produktnorm angegebenen Kerbschlagzähigkeitsanforderungen vorgenommen. Die Regelungen gelten für geschweißte und ungeschweißte Bauteile unter Zug-, Druck- oder Ermüdungsbeanspruchung. Bei ausschließlicher Druckbeanspruchung ist das Spannungsniveau  $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$  gemäß des Nationalen Anhangs anzuwenden. Bei Zugbeanspruchungen kann auf der sicheren Seite liegend immer  $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$  angesetzt werden. Bei Anwendung der folgenden Tabelle darf linear interpoliert werden.

Stahlsorte		AC K'V AC		Bezugstemperatur $T_{Ed}$ °C																											
Stahl- sorte	Stahl- güte- gruppe	bei $T$ °C	$J_{min}$	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
				$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$											
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60	135	115	100	85	75	65	60
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145	230	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45	110	95	80	70	60	55	45
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130	210	200	200	200	175	150	130

Tabelle 7: Auszug aus DIN EN 1993-1-10, Tab. 2.1,  
Größe zulässige Erzeugnisdicken  $t$  in mm

Als Eingangsgröße ist die Bezugstemperatur  $T_{Ed}$  zu bestimmen. Im Regelfall entspricht die Bezugstemperatur  $T_{Ed}$  der Einsatztemperatur  $T_{mdr}$  gemäß Tabelle 8, wenn keine erhöhten Dehngeschwindigkeiten oder Kaltumformungsgrade zu berücksichtigen sind.

<b>4</b>	<b>Stahlwasserbau</b>	
4a	Verschlusskörper, die zeitweilig ganz oder zu einem großen Teil aus dem Wasser herausgenommen werden	–30
4b	Einseitig von Wasser benetzte Verschlusskörper	–15
4c	Beidseitig teilweise von Wasser benetzte Verschlusskörper	–15
4d	Verschlusskörper, die sich vollständig unter Wasser befinden	–5

Tabelle 8: Auszug aus DIN EN 1993-1-10/NA,  
Einsatztemperaturen  $T_{mdr}$  Stahlwasserbauteile

Beispielhaft darf ein Stahlblech eines einseitig benetzten Verschlusskörpers unter Zugbeanspruchung mit einer Stahlsorte S355 J0 nicht dicker als 37mm ausgebildet werden, um eine ausreichende Bruchzähigkeit zu gewährleisten.

### Ausblick

Auf europäischer Ebene sind so genannte „Evolution Groups“ mit dem Ziel gebildet worden, die Teile des Eurocodes inhaltlich und redaktionell zu verbessern und fehlende Regelungen zu ergänzen. Als Überarbeitungsintervall der Norm ist ein Zeitraum von ca. fünf Jahren vorgesehen.



## **Stahlwasserbau nach DIN 19704**

Dipl.-Ing. U. Fischer (BMVBS)

Dipl.-Ing. F. Winter (W & S Ingenieure, Wunstorf)

Die DIN 19704 Stahlwasserbauten mit den Teilen

1-Berechnungsgrundlagen,

2-Bauliche Durchbildung und Herstellung

3-Elektrische Ausrüstung

hat seit der kompletten Neubearbeitung der Thematik in den 90er-Jahren bzw. Veröffentlichung als Ausgabe Mai 1998 und der nunmehr voraussichtlichen Neuausgabe im Jahr 2013 inzwischen eine Laufzeit von 15 Jahren erreicht. Dies zeugt von der hohen fachlichen Qualität der Norm, die sich vor allem durch ihren Detaillierungsgrad und die Vielzahl der fachbezogenen Regelungen auszeichnet, gestützt und getragen durch den sehr engagierten Normenausschuss unter damaliger Leitung von Prof. Dr.-Ing. Schmaußer. Bekannt in der Fachwelt ist auch die im Jahr 2000 erschienene Kommentierung zur DIN 19704, herausgegeben durch Prof. Schmaußer, Dr. Nölke und Dipl.-Ing. Herz.

Eine sogenannte Initiativgruppe, bestehend aus einigen Mitgliedern des Ausschusses, begann in den Jahren 2006/2007 nach Abfragen bei einschlägigen Experten aus Verwaltung, Wissenschaft, Ingenieurbüros und Herstellern vorliegende Hinweise und Anregungen für eine Fortschreibung der DIN 19704 zusammenzustellen und zu bewerten. Erfahrungen bei der Anwendung der Norm, neue technische Entwicklungen sowie Anpassung an weiterentwickelte korrespondierende Normung waren zu berücksichtigen. Im Frühjahr 2008 wurde schließlich der bis dahin ruhende Normenausschuss 119-02-04 AA „Stahlwasserbau“ beim DIN wieder reaktiviert.

Der Ausschuss ist mit 23 Mitgliedern aus den verschiedenen Fachgebieten und Institutionen sehr breit besetzt.

Nach insgesamt 6 Ausschusssitzungen wurden mit Ausgabe Mai 2012 die überarbeiteten Teile 1 bis 3 der DIN 19704 als Entwurf veröffentlicht. Die Einspruchsfrist endete am 21. September 2012. Der Ausschuss wird sich im 4. Quartal 2012 mit den Einsprüchen befassen. In Abhängigkeit von der Anzahl der Stellungnahmen und deren Bewertung besteht die Zielstellung der Verabschiedung der Manuskripte der Norm noch 2012 und Veröffentlichung Anfang 2013.

Für den reaktivierten Normenausschuss war nach Sichtung der 2008 vorliegenden Hinweise und Anmerkungen relativ eindeutig erkennbar, dass sich das Grundkonzept der DIN 19704, basierend auf der früher getroffenen Festlegung, Anlagen des Stahlwasserbaus als funktionelle Einheit der Stahlkonstruktion, der Maschinenkonstruktion und der elektrischen Ausrüstung zu betrachten, fachlich bewährt hat und auch für die Fortschreibung beibehalten werden sollte.



Auch die Gliederung der einzelnen Normenteile brauchte nicht grundlegend geändert oder ergänzt werden, lediglich einige Abschnitte wurden des besseren Verständnisses wegen geringfügig anders strukturiert. Inhaltliche Änderungen zu einzelnen Regelungen ergaben sich vorwiegend aus Erfahrungen bei der Anwendung in den letzten Jahren, aus Einzelfragen bei der Bemessung und in einigen konstruktiven Details. An einigen Stellen, wurden aus Anwendersicht notwendige zusätzliche Erläuterungen und Klarstellungen eingefügt bzw. auch neue Entwicklungen aufgenommen. Insgesamt ist der Änderungsumfang aber gering, auch dies spricht für die Qualität der Norm.

Für den Bereich des Stahlwasserbaus gibt es im Gegensatz zu anderen speziellen EUROCODE-Teil-Normen des Stahlbaus, wie z. B. zu Stahlbrücken (DIN EN 1993-2: 2010-12) oder zu Türmen, Masten und Schornsteinen (DIN EN 1993-3-1: 2010-12, DIN EN 1993-3-2: 2010-12) keine direkte Entsprechung im EUROCODE. Vermutlich wird in anderen EU-Staaten hierzu nicht der unbedingte Normungsbedarf gesehen, entsprechende Aktivitäten oder Initiativen im Rahmen von CEN o.ä. sind nicht bekannt. Sowohl der zuständige Normenausschuss Wasserwesen im DIN als auch der Arbeitsausschuss Stahlwasserbau sehen derzeit gleichfalls nicht die aktuelle Notwendigkeit, die DIN 19704 von deutscher Seite in die Diskussion bei den europäischen Normungsgremien einzubringen, zumal damit erfahrungsgemäß auch ggf. Abstriche in fachlichen Anforderungen und in Qualitätsaspekten verbunden sein können. Die DIN 19704 hat auch im Ausland eine weite Verbreitung gefunden und wird weltweit häufig bei Bauvorhaben des Stahlwasserbaus zugrunde gelegt. In Zukunft wird auch von der Neufassung wieder eine englischsprachige Fassung verfügbar sein. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte und vor allem mit der Zielstellung, dem Anwender in Verwaltung, Ingenieurbüro und Baupraxis eine aktualisierte Norm zur Verfügung zu stellen, die auf den eingeführten europäischen Regelwerken basiert und sich in den Gesamtkontext der EUROCODE-Normung einreicht, wurde die DIN 19704, vor allem im Teil 1, entsprechend an den EUROCODE 3 angepasst.

Teil 1 der DIN 19704 beinhaltet bereits in der Ausgabe 1998 mit dem Bezug auf DIN 18800 und den entsprechenden Norm-Festlegungen (z.B. Tabelle 5 - Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationswerte für Tragsicherheitsnachweise) das Teilsicherheitskonzept für die Berechnung der Stahl- und Maschinenbaukonstruktionen. Insofern waren hier im Zusammenhang mit der jetzt vollzogenen oder noch bevorstehenden bauaufsichtlichen Umstellung in Deutschland auf die Bemessung und Bauausführung nach EUROCODES keine grundlegenden Änderungen in der Bemessungsphilosophie notwendig. Die Anpassungsarbeiten bezogen sich deshalb vor allem auf die Änderung der Bezüge in der DIN 19704, die auf DIN 18800 verwiesen, jetzt direkt zu den Regelungen des EUROCODE 3, natürlich mit entsprechender fachlicher Prüfung. Gleichzeitig wurde eine Anpassung der Tabelle 5 an die Tabelle 1 der DIN 19702 bezüglich der Begrifflichkeit vorgenommen. Es werden jetzt Bemessungssituationen statt bisher Grundkombinationen nachgewiesen.

Von Bedeutung für die Herstellung von Stahlwasserbauten sind gleichfalls die geänderten Vorgaben im Teil 2 der DIN 19704. Der dort bisher vorhandene Bezug zur DIN 18800-7 wurde ersetzt durch den Verweis auf DIN EN 1090-2, d.h. Betriebe, die Stahlwasserbauten herstellen, müssen

auch die Anforderungen der erforderlichen Ausführungsklasse der Konstruktion nach DIN EN 1090-2:2011-10, Tabelle A.3 erfüllen. Einzelheiten dazu bzw. zusätzliche Vorgaben für Stahlwasserbauten im Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes werden im Vortrag der BAW zur DIN EN 1090 erläutert.

Einleitend wird im **Teil 1 der DIN 19704 (Berechnungsgrundlagen)** darauf hingewiesen, dass die Norm grundsätzlich für Neubauten des Stahlwasserbaus gilt. Ergänzt wurde in der aktuellen Fassung ein Verweis auf den Umgang mit dem Bestand. Wenn beim teilweisen Umbau sowie bei Reparatur- und Ergänzungsarbeiten an bestehenden älteren Bauwerken ebenfalls die Anwendung der Norm beabsichtigt ist, ist durch Vereinbarungen abzugrenzen, für welche Bauteile dies gilt. Dies ist insbesondere bei den zukünftig verstärkt notwendigen Grundinstandsetzungen von Bedeutung, vor allem auch um ein einheitliches Sicherheitsniveau der Anlagen zu gewährleisten.

Änderungen im Teil 1 betreffen u.a. folgende Punkte:

#### Abschnitt 4 „Werkstoffe“

Die Stahlsorte X2CrNiMo17-12-2 (1.4404) ist bei den nichtrostenden Stahlsorten in Tabelle 1 neu aufgenommen worden. Aus der Tabelle sind die Härteangaben für die tabellierten Werkstoffe entfernt worden. Sie müssen zukünftig den Werkstoffangaben der Hersteller entnommen werden.

Bei den Dichtungswerkstoffe unter Abschnitt „4.2.1 Elastomere“ ist Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) ergänzt worden.

#### Abschnitt 5 „Charakteristische Werte der Einwirkungen auf die Stahlkonstruktionen“

Bei den ständigen Einwirkungen sind Beschichtungen bis 500 µm durch den Zuschlag von 10 % zur Eigenlast des Verschlusskörpers (für Beschichtungen, anhaftendes Wasser, Bewuchs, etc.) mit erfasst. Bei Dickschichtbeschichtungen ist zusätzlich das Differenzgewicht zwischen Dickschicht - Dünnschicht anzusetzen.

Bei den Eisdruckansätzen können zukünftig betriebliche Einrichtungen zur Eisfreihaltung (z. B. Luftsprudelanlagen, Heizung) berücksichtigt werden. Bei Revisionsverschlüssen ist vom Auftraggeber vorzugeben, ob und gegebenenfalls in welcher Größe Eisdruck zu berücksichtigen ist, jedoch sind mindestens 50 % des Eisdrucks anzusetzen. Bei Klappen mit einer Stauhöhe kleiner als 3,0 m darf nach Vorgabe des Auftraggebers für die Berechnung der Antriebskräfte der Eisdruck um 30 % abgemindert werden.

Nach dem neuem Abschnitt "5.3.2 Lastweiterleitung von Stoßschutzeinrichtungen" sind Lasten, die z. B. an Auflagerpunkten von Stoßschutzeinrichtungen in den Verschlusskörper weitergeleitet werden, als außergewöhnliche Einwirkungen zu berücksichtigen.

#### Abschnitt 6 „Reibung“

Für die Rollreibungszahl bei Laufrollen  $\mu_{\text{roll}} = f/R$  ( $R$  = Radius der Laufrolle) ist der Hebelarm  $f$  der Rollreibung gegenüber der alten Norm verdoppelt worden.

#### Abschnitt 7 „Berechnung der Stahlkonstruktionen“

In diesem Abschnitt, der das Hauptthema des Kolloquiums - die Umstellung der Bemessung auf den EUROCODE - berührt, sind die hierfür maßgebenden Anpassungen an den EC 3 bzw. die DIN EN 1090 vorgenommen worden.

Die Tabelle 5 ist überarbeitet und begrifflich an den EC 3 bzw. die Tabelle 1 der DIN 19702 angepasst worden. Das bisherige Sicherheitsniveau wurde hierbei im Wesentlichen beibehalten, lediglich die Einwirkungen bei Transport-, Montage- und Unterhaltungszuständen wurden „ungünstiger“ eingestuft, um das Sicherheitsniveau zu erhöhen. Tabelle 5 enthält die anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$  für die Einwirkungen bei den möglichen Bemessungssituationen für die Nachweise von Stahlkonstruktionen im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Die bisher definierten Grundkombinationen GK Fall 1, GK Fall 2 und Außergewöhnliche Kombination Fall 3 werden durch die Bemessungssituationen „Ständig“, „Vorübergehend“ und „Außergewöhnlich“ ersetzt. Die bisher enthaltenen Kombinationsbeiwerte  $\psi$  sind zu 1,0 gesetzt worden. Abweichend dürfen kleinere Kombinationsbeiwerte verwendet werden, wenn sie nachprüfbar ermittelt worden sind.

Die unter "7.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit" enthaltene neue Tabelle 6 definiert die Teilsicherheitsbeiwerte für die Querschnitte, Bauteile und Anschlüsse. Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sowie für die Ermüdungsnachweise sind unverändert beibehalten worden.

#### Abschnitt 9 „Berechnung der Maschinenkonstruktionen“

Die Nachweise für Maschinenkonstruktionen entsprechen im Wesentlichen der Ausgabe 1998, ergänzend wird in der Neufassung auf die Anwendung der vom Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. (FKM) herausgegebenen "Richtlinie für rechnerische Festigkeitsnachweise für Maschinenbauteile beim Betriebsfestigkeitsnachweis (FKM-Richtlinie)" verwiesen.

#### Abschnitt 10 „Berechnung spezieller Maschinenteile“

Im Abschnitt "10.2.3 Elektrohüszylinder" werden Anforderungen an die erforderlichen Nachweise für Elektrohüszylinder (EHZ) - insbesondere zum Gewindetrieb - formuliert, die bisherige Fassung der Norm beschränkte sich auf den Hydrozylinder und enthielt zum EHZ keine Aussagen.

Im Abschnitt "10.22 Laufrollen, Führungsrollen, Stemmknaggen, Schienen" ist ein weiter entwickelter Nachweis der statischen Festigkeit und der Wälzfestigkeit für den rollenden Kontakt zwischen balligen Laufrollen und Schienen bei Verschlusskörpern enthalten. Dieser basiert auf einem Vorschlag des Ausschussmitgliedes Dr.-Ing. Nölke (siehe hierzu auch Veröffentlichung in der Zeitschrift Stahlbau, Nr.1, 2009). Der Linienkontakt bei zylindrischen Laufrollen und Stemmknaggen wird als Grenzfall erfasst. Es wird der Versuch unternommen, über den neu entwickelten Betriebs-

festigkeitsnachweis nach Abschnitt 10.22-3 die Problematik der nach derzeitiger Bemessung u.a. resultierenden relativ großen Abmessungen der Laufrollen zu lösen.

**Teil 2 der DIN 19704** enthält die Anforderungen an die **bauliche Durchbildung und Herstellung** von Stahlwasserbauten. Nach eingehender Diskussion wurden die auch bisher in der Norm aufgeführten vorzusehenden Nutzungsdauern für Stahlkonstruktionen mit 70 Jahren, für Maschinenteile und deren elektrische Ausrüstung mit 35 Jahren beibehalten.

Neu aufgenommen wurde der Verweis auf die Notwendigkeit, bei der Auslegung der Gesamtanlage, und insbesondere der Maschinen- und Elektrotechnik, die Erkenntnisse und Ergebnisse der gemäß Maschinenrichtlinie anzufertigenden Gefahrenanalyse umzusetzen. Für weitere Details in Bezug auf Anlagen des Stahlwasserbaus wird u.a. auf die einschlägigen Untersuchungen und Veröffentlichungen der Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken verwiesen. Der Normenausschuss hat sich mit diesen Fragen nicht weiter befasst.

Im Abschnitt "4 Grundsätze für Stahlkonstruktionen" erfolgt nunmehr der Bezug auf DIN EN 1993-1-1 bzw. für die Herstellung auf DIN EN 1090-2 anstelle von DIN 18800-7. Für die Stahlkonstruktionen und Laufschiene, mit Ausnahme der sonstigen mit dem Massivbau fest verbundenen Teile, gelten die Anforderungen nach DIN EN 1090-2. Die Einstufung in die erforderliche Ausführungsklasse erfolgt durch den Auftraggeber. Es wird mindestens die Ausführungsklasse EXC 2 gefordert. Weitere Detailinformationen hierzu enthält der BAW-Beitrag "Ausführung von Stahlbauten" auf diesem Kolloquium.

Hinsichtlich Verwendung von Nirostahl wurde zum einen ein Bezug zum Merkblatt 822 „Die Verarbeitung von Edelstahl Rostfrei“ der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER) sowie mit Blick auf bekannte Kontakt-Korrosionsprobleme die Forderung nach getrennter Lagerung von Nirostahl und unlegiertem Baustahl beim Hersteller als auch auf der Baustelle in die Norm aufgenommen.

Auch auf folgende Änderungen in Details wird aufmerksam gemacht:

- Die Tabelle 7 „Werkstoffkennwerte von Dichtungen aus Elastomeren“ ist überarbeitet und allgemeiner gefasst worden.
- Rohrleitungen für Druckwasser- und Luftsprudelanlagen sollten aus Kunststoff, nicht mehr aus Edelstahl, ausgeführt werden.
- Anforderungen an Wegmesseinrichtungen und Gleichlaufregelungen für zweiseitige Antriebe wurden aktualisiert.

- Vereinzelt festgestellte Korrosionsschäden an Kolbenstangen führten zu Vorgaben für den Korrosionsschutz bzw. dessen Qualität (Beschichtung, Prüfungen, Poren- und Rissefreiheit), die in dem neuen Abschnitt 10.2 Elektrohubzylinder formuliert sind.
- Die Anforderungen an Laschenketten (Abschnitt 10.15) wurden neu gefasst - auch unter Berücksichtigung von Aussprachetagen und Diskussionen in der WSV.
- Unter Abschnitt "10.1.6 Hydraulikstation" wurde die Dimensionierung der Ölbehälter dahingehend geändert, dass anstelle des bisher Vierfachen jetzt nur das Dreifache des in einer Minute maximal geförderten Volumens, zuzüglich des Pendelvolumens aller angeschlossenen Zylinder, zuzüglich des Inhalts des Kolbenstangenraumes des größten angeschlossenen Zylinders sowie des Inhalts der zugehörigen Rohrleitungen aufgenommen werden muss. Zur Belüftung des Behälters wurden technische Möglichkeiten entsprechend dem Stand der Technik ergänzt (Feuchtigkeitsabsorber mit Kohlefilter, Hydrokompensator).
- Im Abschnitt 10.21 „Federn“ sind die Anforderungen an Elastomerfedern (Werkstoff, Auslegung und konstruktive Ausführung) konkretisiert worden.

**Teil 3 der DIN 19704 (Elektrische Ausrüstung)** beinhaltet die Errichtung der elektrischen Ausrüstung der Antriebe von Stahlwasserbauten und umfasst alle elektrischen Betriebsmittel, die mit den Maschinen- und Stahlkonstruktionen in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Hier wurde zur Klarstellung ergänzt, dass die Norm nicht für die übergeordneten Steuerungen und Leitsysteme gilt.

Insgesamt ist der Teil 3 inhaltlich nur geringfügig geändert worden, bei den Sicherheitsanforderungen an die Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen (MSR-Einrichtungen) wird auf die Berücksichtigung der Anforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG bei Neubauten und wesentlichen Veränderungen verwiesen. Die Grundsätze für die elektrische Ausrüstung bzw. für die Auslegung der elektrischen Betriebsmittel sind dem Stand der Technik entsprechend aktualisiert und ergänzt.

## Ausführung von Stahlbauten

Dipl.-Ing. U. Gabrys (BAW)

### 1 Allgemein

Mit Einführung der europäischen Normengeneration musste auch die Normenreihe DIN 18800 „Stahlbauten“ zurückgezogen werden. Der Teil 7 der Normenreihe DIN 18800 regelte die Ausführung und Herstellerqualifikation. Dieser Teil der DIN 18800 ist durch die Normenreihe DIN EN 1090 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“ ersetzt worden und untergliedert sich in drei Teile. Bis zu 30.06.2014 gilt die Koexistenzphase von DIN EN 1090 und 18800. Während dieser Koexistenzperiode ist zu beachten, dass ein Kreuzungsverbot zwischen den beiden Regelwerken besteht. Weitere Stichtagsregelungen sind dem Erlass WS 12/5257.15/1-6: Verzeichnis „Technisches Regelwerk - Wasserstraßen“ (TR-W), Ausgabe 2012-09, einschließlich „Wasserstraßenspezifische Liste Technischer Baubestimmungen“ (WLTB) zu entnehmen.

Berechnung	Fertigung	Zertifizierung des Betriebs	Eignungsnachweis für Schweißarbeiten auf der Baustelle	Kennzeichnung der Produkte
DIN EN 1993 + NA	DIN EN 1090-2	DIN EN 1090-1	Schweißzertifikat* für die entsprechende Ausführungsklasse EXC	CE-Kennzeichnung
<b>Ausnahme bis 01.07.2014</b>	<b>Kreuzungsverbot</b>			
DIN 18800	DIN 18800-7	DIN 18800-7	Bescheinigung für die entsprechende Herstellerqualifikation	Ü - Zeichen

Tabelle 1: Regelung während der Koexistenzphase bis 30.06.2014

## 2 DIN EN 1090 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“ Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile

Teil 1 der DIN EN 1090 regelt lediglich das Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile und ist aufgrund eines Mandats der Europäischen Kommission an das Europäische Komitee für Normung CEN eine harmonisierte Norm. Die Teile 2 (Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken) und 3 (Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken) sind durch Eigeninitiative des CEN entstanden und daher keine harmonisierten Normen. DIN EN 1090-1 ist eine harmonisierte europäische Produktnorm, deren wesentlicher Inhalt im Nachweis der Übereinstimmung des Bauprodukts mit den gestellten Anforderung liegt. Der Nachweis dieser Kon-

formität wird durch die CE-Kennzeichnung bestätigt. Die Ausstellung des Konformitätsnachweises durch den Hersteller darf erst nach der Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) durch eine notifizierte Stelle [Schm. 2012 ] erfolgen. Fertigt der Hersteller auch geschweißte Bauteile, so ist zusätzlich ein Schweißzertifikat vorzulegen. Regelungen hinsichtlich des Zusammenbaus auf der Baustelle finden sich weder im Teil 1 der DIN EN 1090 noch im Teil 2. Dies zeigt, dass noch eine gravierende Regelungslücke hinsichtlich der Stahlbauarbeiten auf einer Baustelle vorliegt.

Stahlwasserbauten oder Teile von Stahlwasserbauten sind nicht CE-Kennzeichnungspflichtig, da es sich um individuell gefertigte Bauprodukte handelt. Dieser Umstand enthebt den Hersteller von seiner Pflicht zur Erstellung einer Leistungserklärung gemäß Bauproduktenverordnung, Kapitel II, Artikel 5. Diese Leistungserklärung ist erforderlich, um das Produkt mit dem CE-Kennzeichen zu versehen. Jedoch ist unbestritten, dass in dem Produkt „Stahlwasserbauverschluss“ Bauprodukte gemäß Bauregelliste B integriert sind, die einer CE-Kennzeichnungspflicht unterliegen. Dies betrifft z. B. Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustahl gemäß DIN EN 10025-1, Schweißzusatzwerkstoffe gemäß DIN EN 13479, planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau gemäß DIN EN 14399-1 und Garnituren für nichtplanmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen gemäß DIN EN 15048. Diese Produkte können bei den Herstellern oder im Handel mit CE-Kennzeichen bezogen werden. Bei Stahlwasserbauten werden häufig auch die korrosionsbeständigen Stähle eingebaut (Bolzen, Achsen, Rohre usw.). Diese Stähle werden in der nächsten Ausgabe der Bauregelliste Teil B gelistet und sind dann ebenfalls mit dem CE-Kennzeichen zu versehen. Die im Stahlwasserbau zu verwendenden Dichtungen sind nicht in der Bauregelliste B gelistet und unterliegen somit keiner CE-Kennzeichnungspflicht. Bauteile wie z. B. Spurlager und Halslager sind oftmals aus mehreren Materialien und Einzelbauteilen gemäß Baubeschreibung gefertigt und im Regelfall Einzelfertigungen, so dass auch für diese Bauteile keine Leistungserklärung durch den Hersteller des Lagers und somit keine CE-Kennzeichnung erfolgen muss. Bei der Standardisierung von Bauteilen gelten die v.g. Regelungen nicht.

Die Enthebung der CE-Kennzeichnungspflicht entlässt den Hersteller nicht aus seiner werkseigenen Produktionskontrolle. Diese ist zur Herstellung von Stahlwasserbauten zwingend erforderlich, um zu gewährleisten, dass das Produkt „Stahlwasserbauverschluss“ den hohen Qualitätsanforderungen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung entspricht.

### **3 DIN EN 1090 „ Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“**

#### **Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken**

Der Teil 2 der DIN EN 1090 regelt, ähnlich wie die uns bekannte DIN 18800-7, die Ausführung von Stahltragwerken. Allerdings muss sich der Hersteller nun für die jeweilige Ausführungsklasse eines Bauwerkes zertifizieren lassen. Diese Ausführungsklassen sind durch den Tragwerksplaner zu bestimmen und setzen sich aus der Schadensfolgeklasse, der Beanspruchungskategorie und der

Herstellungskategorie zusammen. Zur Bestimmung der Ausführungsklassen verschiedener Stahlwasserbauten sind diese in der nachfolgenden Tabelle 2 gelistet. Diese Tabelle 2 bildet die Grundlage zur einheitlichen Wahl der Ausführungsklassen im Geschäftsbereich der WSV.

Bauwerk / Tragwerksteil	Ausführungsklassen im Geschäftsbereich der WSV
Einlaufrechen	EXC2
Schwimmpoller	EXC2
Stoßschutzeinrichtungen	EXC3
Wehrverschlüsse	EXC3
Schleusentore einschließlich ihrer Betriebsverschlüsse	
Revisionsverschlüsse	
Sonstige Betriebsverschlüsse	
Verschlüsse von Hebewerken	
Verschlüsse von Sturmflutsperrwerken	
Sicherheitstore	EXC3
Kanalbrücken	EXC3

*Tabelle 2: Ausführungsklassen (EXC) von Stahlwasserbauten im Geschäftsbereich der WSV*

Anhand der Festlegung einer Ausführungsklasse wird auch die Ausführungsqualität mit dem entsprechenden Kontroll- und Prüfumfang und der erforderlichen Dokumentation für die herzustellenden Stahlbauten bestimmt. Die Tabelle A.3 des normativen Anhangs A zur DIN EN 1090-2 zeigt sehr übersichtlich für die Ausführungsklassen 1-4 die jeweiligen Mindestanforderungen auf. Einige dieser Anforderungen sind nachfolgend etwas ausführlicher dargestellt.

Im **Kapitel 4** der DIN EN 1090-2 werden Regelungen hinsichtlich der Ausführungsunterlagen und Dokumentation getroffen. Dies unterstreicht die konsequente Trennung zwischen der Bemessung nach DIN EN 1993 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“ und deren Ausführung. Gemäß der DIN EN 1090-2 müssen alle notwendigen Informationen und technische Anforderungen vor Beginn der Ausführungsarbeiten geregelt sein. Dies umfasst insbesondere die Zusatzangaben gemäß Tabelle A.1 des normativen Anhangs A und der Auswahlmöglichkeiten gemäß Tabelle A.2 (Anhang A). Des Weiteren sind vor Beginn der Stahlbauausführung, die Vorbereitungsgrade und die Toleranzklassen festzulegen. Der normative Anhang D gibt für die Herstellungstoleranzen und Montagetoleranzen die Mindestanforderungen vor. Sind darüber hinaus spezielle Toleranzen einzuhalten, so sind diese vorab zu vereinbaren. Auch die Ausführungszeichnungen müssen vor Beginn der Stahlbaufertigung vorliegen. Dabei ist sicher zu stellen, dass allen am Bau beteiligten die aktuellste Version der Zeichnung zur Verfügung steht. Bei den Ausführungszeichnungen wird in Werkstattzeichnungen und Übersichtszeichnungen unterschieden. Auch Prüf- und Arbeitspläne gehören in die Ausführungsunterlagen.



Die durch den Hersteller anzufertigende Herstellerdokumentation umfasst die Qualitätsdokumentation und, falls festgelegt, einen Qualitätsmanagementplan. Explizit dafür sind zu nennen, dass Regelungen hinsichtlich der für die Ausführung zuständigen Personen zu treffen, dass Arbeitsprozesse, Verfahren und Arbeitsanweisungen und die Vorgehensweisen bei Nichtkonformitäten zu beschreiben bzw. festzulegen sind.

**Kapitel 5** der DIN EN 1090-2 beinhaltet die Festlegungen hinsichtlich der Konstruktionsmaterialien. Unter dem Begriff Konstruktionsmaterialien sind alle Grundwerkstoffe wie Baustähle, nichtrostende Stähle, Schmiedeteile und Stahlguss zusammengefasst. Außerdem gehören die Schweißzusatzwerkstoffe, mechanische Verbindungsmittel, hochfeste Zugglieder und Vergussmaterialien zu den Konstruktionsmaterialien.

Die Festlegungen der Tabelle 1 im Kapitel 5.2 sind für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) nicht relevant, da die [ZTV-W 216] (1998) die vorzulegenden Prüfzeugnisse vorgibt.

Auf die Rückverfolgbarkeit der Werkstoffe wird nachfolgend näher eingegangen. Für die Ausführungsklasse 3 (und auch Ausführungsklasse 4) muss die Rückverfolgbarkeit in allen Stadien der Herstellung, beginnend mit der Lieferung der Materialien oder Vorprodukte gewährleistet sein (Dokumentation). Grundwerkstoffe (Stähle), Schweißzusätze und Schrauben müssen eine CE-Kennzeichnung aufweisen und Abnahmeprüfzeugnisse gemäß ZTV-W 216. Diese Rückverfolgbarkeit wird durch die Prüfbescheinigungen 3.1 und 3.2 gewährleistet, da es sich bei diesen um belegte spezifische Prüfungen handelt. Jedoch sollte ein Stahlbauerhersteller, trotz einer vorliegenden Prüfbescheinigung 3.1 oder 3.2, im Rahmen seiner Eingangskontrolle stichprobenartige Werkstoffprüfungen durchführen, da es schon vorgekommen ist, dass das gelieferte Material nicht die bescheinigten mechanisch-technologischen Kennwerte aufwies oder der bescheinigten Analyse entsprach. Hinzuweisen wäre noch auf die Festlegung der Grenzabmessungen der Dicke für die Ausführungsklasse 3. Wird nichts anderes vorgeschrieben so gilt, dass die Klasse A gemäß DIN EN 10029 zu wählen ist. Dies bedeutet, dass Grundwerkstoffe (hier z. B. Bleche) mit Minderdicken beginnend ab 0,3 mm (Blechedicken < 5 mm) zunehmend bis 1,3 mm (Blechedicken ab 250 mm) akzeptabel sind. Daher wird empfohlen, für die Grenzabmessungen von Stahlwasserbauten mindestens die Klasse B nach DIN EN 10029 vorzugeben.

Die Regelungen im **Kapitel 7** betreffen das Schweißen der Bauteile. Eine grundsätzliche Forderung ist, dass die Schweißarbeiten in Übereinstimmung mit den Anforderungen des maßgebenden Teils der DIN EN ISO 3834 erfolgen. Für Stahlwasserbauten, die ja überwiegend der Ausführungsklasse 3 zuzuordnen sind, gilt der Teil 2: „Umfassende Qualitätsanforderungen“ gemäß der v.g. Norm. Für die zu schweißenden Bauteile muss ein Schweißplan vorliegen der u. a. die Schweißanweisung, den Schweißfolgeplan, Angaben über die Anforderungen an die Abnahmekriterien usw. beinhalten muss. Des Weiteren regelt dieses Kapitel der DIN EN 1090-2 auch die Qualifizierung der einzusetzenden Schweißverfahren und des Schweißaufsichtspersonals. Bei der Ausführungsklasse 3 sind Schweißverfahrensprüfungen und vorgezogene Arbeitsprüfungen als Methode

zur Qualifizierung des Schweißverfahrens zulässig. Die technischen Kenntnisse des Aufsichtspersonals orientieren sich zum einen an der gewählten Ausführungsklasse, aber auch an der zu verschweißenden Materialdicke und dem zu verschweißenden Konstruktionsmaterial (Grundwerkstoff). Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt diese Zusammenhänge sehr anschaulich. Für Stahlwasserbauten wäre demnach noch ein Schweißtechniker (EWT) als Schweißaufsichtsperson ausreichend, wenn die zu verarbeitenden Dicke des Materials kleiner 25 mm ist. Hier sind noch zusätzliche Regelungen für Stahlwasserbauten durch den Auftraggeber erforderlich.

EXC	Stähle (Gruppe)	Bezugsnormen	Materialdicke (mm)		
			$t \leq 25^a$	$25 < t \leq 50^b$	$t > 50$
EXC2	S235 bis S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C <sup>c</sup>
	S420 bis S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C <sup>d</sup>	C
EXC3	S235 bis S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 bis S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	Alle	Alle	C	C	C

<sup>a</sup> Stützenfußplatten und Stirnbleche  $\leq 50$  mm.

<sup>b</sup> Stützenfußplatten und Stirnbleche  $\leq 75$  mm.

<sup>c</sup> Bei Stählen des Festigkeitsbereichs bis zu S275 sind spezielle technische Kenntnisse (S) ausreichend.

<sup>d</sup> Bei Stählen N, NL, M und ML sind spezielle technische Kenntnisse (S) ausreichend.

**Tabelle 3: Technische Kenntnisse des Schweißaufsichtspersonals**

B=EWS; S=EWT; C=EWE

Des Weiteren werden im Kapitel 7 Regelung hinsichtlich der Schweißnahtvorbereitung, der Lagerung und Handhabung von Schweißzusätzen des Zusammenbaus für das Schweißen, des Vorwärmens, des Heftens usw. getroffen. Bei den Abnahmekriterien für Schweißnahtunregelmäßigkeiten sei darauf hingewiesen, dass die für Ausführungsklasse 4 geforderte Bewertungsgruppe B+ seit vielen Jahren bereits gemäß ZTV-W 216 für Stahlwasserbauten gefordert wird.

**Kapitel 12** regelt die Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen von und an Stahlbauten. Über die werkseigene Wareneingangskontrolle müssen die Begleitdokumente der Konstruktionsmaterialien und vorgefertigten Bauteile überprüft werden, genauso wie deren Oberflächen. Bei fehlenden Begleitdokumenten sind die Materialien oder vorgefertigten Bauteile als *nicht konforme Produkte* einzustufen. Des Weiteren sind die Bauteilabmaße zu kontrollieren. Bei Schweißarbeiten ist eine Kontrolle vor und während des Schweißens gemäß dem vorab zu erstellenden Kontrollplan erforderlich. Die Anforderungen müssen den maßgebenden Teil der DIN EN ISO 3834 erfüllen. Der

Zeitpunkt der Kontrolle mit zerstörungsfreien Prüfmethoden ist gemäß Tabelle 23 der DIN EN 1090-2 festzulegen. Der erforderliche Kontrollumfang richtet sich nach der festgelegten Ausführungsklasse. Sichtprüfungen aller Schweißnähte und auch deren Zwischenlagen sind für alle Ausführungsklassen immer erforderlich. Die Schweißanweisungen sind vorab gemäß Kapitel 12.4.2.2, Absatz 4 zu prüfen. Der weitere Prüfumfang ist der Tabelle 24 der DIN 1090-2 zu entnehmen. Nachfolgend wird diese nochmals als Tabelle 4 aufgeführt, um zu verdeutlichen welche Ausführungsklasse welchen (dokumentierten) Prüfumfang erfordert.

Schweißnahtart	Werkstatt- und Baustellennähte		
	EXC2	EXC3	EXC4
Zugbeanspruchte querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte in zugbeanspruchten Stumpfstoßen: $U \geq 0,5$ <b>Ist vom Tragwerksplaner anzugeben</b> $U < 0,5$	10 % 0 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte: in Kreuzstößen in T-Stößen	10 % 5 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Zug- oder scherbeanspruchte querverlaufende Kehlnähte: mit $a > 12$ mm oder $t > 20$ mm mit $a \leq 12$ mm und $t \leq 20$ mm	5 % 0 %	10 % 5 %	20 % 10 %
Längsnähte und Nähte angeschweißter Steifen	0 %	5 %	10 %
ANMERKUNG 1 Längsnähte verlaufen parallel zur Bauteilachse. Alle anderen Nähte werden als querverlaufende Nähte betrachtet.			
ANMERKUNG 2 $U$ = Ausnutzungsgrad von Schweißnähten unter quasi-statischen Einwirkungen. $U = E_d/R_d$ , wobei $E_d$ die größte Schweißnahtschnittgröße und $R_d$ die Schweißnahtbeanspruchbarkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist.			
ANMERKUNG 3 Die Symbole $a$ und $t$ beziehen sich auf die Nahticken und den dicksten Grundwerkstoff im Anschluss.			

Tabelle 4: Umfang der ergänzenden zerstörungsfreien Prüfverfahren

Kapitel 12 regelt auch die Kontrollen beim Einsatz mechanischer Verbindungsmittel ebenso wie die Kontrolle des Oberflächenschutzsystems oder die Kontrollen während der Montage. Auch die Maßnahmen bei Nichtkonformität sind in diesem Kapitel geregelt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die DIN EN 1090-2 viele Festlegungen der DIN 18800-7 übernommen hat. Es sind aber auch zusätzliche Regelungen aufgenommen worden. Die nachfolgenden Stichpunkte umreißen die wesentlichen Änderungen zur DIN 18800-7 [DIN-Sem.]:

- DIN EN 1090 löst die DIN 18800-7 (zum 01.07.2014) endgültig ab
- DIN EN 1090 (+DIN EN 1993-1-1) teilt Stahlbauten in Ausführungsklassen (EXC1-4) ein
- DIN EN 1090-2 gibt Schweißaufsichtspersonen vor (IWS; IWT; IWE)
- DIN EN 1090-2 fordert mehr zerstörungsfreie Prüfungen
- DIN EN 1090-2 fordert mehr Probeschweißungen
- DIN EN 1090-2 lässt für den Schweißfachmann ein größeres Spektrum
- DIN EN 1090-1 gibt die Regelungen für das CE-Kennzeichen vor
- DIN EN 1090-1 verlangt ein Zertifikat zur WPK und ein Schweißzertifikat

### **Literatur**

[Schm. 2012]: H. Schmidt, R. Zwätz, L. Bär, K. Karthage, V. Hüller, C. Kammel, M. Volz: Ausführung von Stahltragwerken; Beuth-Verlag GmbH; 2012

[ZTV-W 216]: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV\_W) für Stahlwasserbauten (Leistungsbereich 216/1), Ausgabe 1998

[DIN-Sem.]: DIN-Seminar: Stahlbauten: Anwendung von Eurocode 3 und DIN EN 1090 (Teile 1 und 2)- Ablösung der Normenreihe DIN 18800; Beuth Verlag GmbH; 2012

### Anmerkung:

Online-Register der Zertifizierungen von Herstellern Stahlbauten <http://www.en1090.net/index.php>



## Erdbebenbeanspruchung für Verkehrswasserbauwerke

Prof. Dr.-Ing. L. Stempniewski (KIT)

Dipl.-Ing. G. Maltidis (BAW)

Die Analyse und Bemessung von Wasserbauwerken für seismische Belastungen sind aufgrund ihrer Komplexität (Boden-Flüssigkeit-Bauwerk Interaktion) weltweit ein großes Forschungsfeld. Die Einführung der Eurocodes und insbesondere des Eurocodes 8 ermöglicht die seismische Planung von vielen Bauwerkstypen. Derzeit existiert in der Europäischen Union jedoch keine Normung für die Bemessung von Wasserbauwerken. Eine seismische Planung kann über die Bestimmungen des Eurocodes 8 für ähnliche Konstruktionen durchgeführt werden.

Eurocode 8, der die Erdbebensicherheit von Bauwerken regelt, besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1 -Allgemeine Begriffe, Gebäude
- Teil 2 - Brücken
- Teil 3 - Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden
- Teil 4 - Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen
- Teil 5 - Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte
- Teil 6 - Türme, Maste und Schornsteine.

Wasserbauwerke sind in der Regel massive Strukturen von großer Bedeutung und hohem Gefährdungspotential. Aus diesem Grund wurden den seismischen Aktivitäten größere Wiederkehrperioden zugeteilt als im üblichen Hochbau. Basierend auf der Referenzwiederkehrperiode von DIN EN 1998 - Teil 1 ( $T = 475a$ ) können die seismischen Einwirkungen mit hohen Wiederkehrperioden mit Hilfe des Bedeutungsbeiwertes  $\gamma$  bestimmt werden. Allerdings gibt eine Umrechnung der seismische Bodenbeschleunigung mit dem Bedeutungsbeiwert nur zufriedene Ergebnisse bis zu einer Größe der Wiederkehrperiode von etwa  $T = 1400a$ . Für größere Wiederkehrperioden, die oft Talssperre betreffen, sollten spezifische seismische Gefährdungskarten verwendet werden oder eigene Standortanalysen durchgeführt werden.

Die seismische Berechnung von Wasserbauwerken kann mit verschiedenen Verfahren durchgeführt werden; von stark vereinfachten Verfahren bis hin zu komplexen, die nur EDV-gestützt durchführbar sind und die, je nach den Fähigkeiten des verwendeten Programms, alle mit den Erdbebeneinwirkungen verbundenen Phänomene zufriedenstellend erfassen können. Die vereinfachten Methoden mit äquivalenten statischen Kräften sind eine praktische und einfache Möglichkeit, Wasserbauwerke zu analysieren. Diese eher ingenieurmäßigen Methoden, betrachten die Erdbebeneinwirkung aber nur sehr vereinfacht, erfassen keine Phänomene wie Torsion oder Boden Interaktion und können nur für eine vereinfachte zweidimensionale Analyse der Konstruktion angewandt werden. Die spektrale Methode mit einer Modalanalyse kann einige wichtige Informationen über

die Tragwerksplanung und Aufschluss über das dynamische Verhalten der Struktur geben. Sie erlauben es auch mit einigen Vereinfachungen einige der auftretenden Phänomene wie z.B. die Nachgiebigkeit des Bodens mit Federn oder zusätzliche hydrodynamische Drücke mit äquivalenten Massen zu modellieren. Die Zeitverlaufsanalysen geben die vermeintlich genauesten Aussagen über die Antwort der Struktur unter einer Erdbebenanregung. In Abhängigkeit von den Fähigkeiten des Programms, können viele Phänomene und Effekte mit ausreichender Genauigkeit modelliert werden. Der Nachteil ist, dass solche Analysen deutlich mehr theoretische und praktische Erfahrung sowie Rechenzeit benötigen und ihre Anwendung besonders qualifizierte Ingenieure erfordert, die auf dynamische Analysen unter Verwendung der Finite-Elemente-Methode (FEM) und FE-Programme spezialisiert sind. Für die meisten Planungsbüros sind auch solche FE-Programme meist unerschwinglich.

**Schiffsschleusen:** Schiffsschleusen sind entweder vollständig nur zu einer Seite vom Erdreich umgeben oder als freistehende Konstruktion gebaut. Wenn Schiffsschleusen von Boden umgeben sind, können sie als Stützmauern angesehen werden und die seismischen Einwirkungen treten nicht im großen Maß in der Form der freien Schwingung der Struktur ein sondern als Belastung des Bauwerkes in der Form des zusätzlichen Erddruckes. Eurocode 8 Teil 5 Anhang E enthält Richtlinien für die seismische Belastung von Stützwänden. Das Verfahren der äquivalente statische Kraft basiert auf der Methode von Mononobe & Okabe, wobei die bekannten Beziehungen von Coulomb geringfügig ergänzt wurden, um die Trägheitskraft des stützenden Bodens zu erfassen. Die Beziehungen umfassen die Fälle vom trockenen und ungesättigten, undurchlässigen und hochdurchlässigen Boden. Im Fall von hochdurchlässigen Böden, können die hydrodynamischen Drücke mit den Formeln von Westergaard berechnet werden. In Eurocode 8 Teil 5 Anhang E sind diese Beziehungen zur Berechnung des bodendynamischen Druckes für verschiebbliche und unverschiebbliche Wände zu finden. Dies deckt die beiden Extremfälle des Verschiebungsverhaltens einer vom Boden umgebenen Wand unter seismischer Belastung ab. In der Realität werden Schiffsschleusen einem dynamischen Verhalten zwischen den beiden Extremfällen folgen. Einerseits sind die Bauwerke sehr massiv und oft von Boden umgeben, sodass sich kaum relative Verschiebungen zwischen der Wand und dem Boden entwickeln, andererseits sind die Wände flexibel und rotationsfähig. Weil im Eurocode 8 keine Alternative aufgeführt wird, sollten die bodendynamischen Drucke nach den Ansätzen für starre Wände gerechnet werden. Eine solche Betrachtung ist nicht nur auf der sicheren Seite, sondern bildet die Realität auch viel näher ab (unterirdisch Bauwerk und Wände mit großer Steifigkeit und geringer Rotationsfähigkeit). Wenn noch genauere Analysen durchgeführt werden sollen, kann auf die Ansätze von Veletsos and Younan (1996) für flexible und rotationsfähige Wände zurückzugreifen werden.

Die hydrodynamischen Drücke für Schiffsschleusen sind aufgrund der hohen Steifigkeit der Wände im Vergleich zu anderen Strukturen, z.B. Tankbauwerke, vernachlässigbar. Sie lassen sich aber nach den Beziehungen des Anhangs A4 des EC8 – Teil 4, für starre rechteckige Tankbauwerke berechnen. Mit deren Verwendung kann die Berechnung der äquivalenten Massen und Federn, die dem Massenanteil und der Wellenbewegung der Flüssigkeit entsprechen, ermitteln. Die Schwin-

gungsdämpfung des Wassers weist nur einen geringen Effekt ( $< 0,5\%$ ) auf. Die hydrodynamischen Drücke können für die Nachweise der Tore von Schiffsschleusen maßgebend werden, insbesondere dann, wenn es um den Fall geht, dass die Kammer geflutet ist, die Tore geschlossen sind und seismische Einwirkungen nahezu waagrecht auf die Tore wirken. Ein solcher Fall ist jedoch von sehr geringer Auftretenswahrscheinlichkeit.

Die Interaktion zwischen Boden, Wasser und Bauwerk kann auch indirekt durch eine äquivalente Eigenperiode und Dämpfung der Struktur berechnet werden, um die neuen Trägheitskräfte vom Bemessungsspektrum zu erhalten. Die Boden-Bauwerk Interaktion ist vom Grad des Einbaus des Bauwerks im Boden, so wie die Abmessungen des Bauwerks abhängig. Diese Eigenschaften definieren die Torsions- und Translationssteifigkeit des Bauwerks.

**Brücken:** Eurocode 8 gibt im Teil 2 Regeln für die seismische Planung von Brücken. Obwohl Brücken nicht zu den Wasserbauwerken gehören, kreuzen sie die Wasserstraßen und ihre Pfeiler stehen oft innerhalb der Wasserstraßen. Der Bauingenieur muss hinsichtlich der Tragfähigkeit und Wirtschaftlichkeit das beste und geeignetste statische System finden, das sowohl die statischen als auch die seismischen Einwirkungen aufnehmen kann. Ein Tragwerk, bei dem der Brückenüberbau monolithisch mit den Pfeilern verbunden ist, hat die Vorteile, dass die Momente ausgeglichen verteilt werden durch die Rahmen, - und die Durchlaufwirkung (statisch unbestimmte Systeme) und dass durch die monolithische Verbindung der Pfeiler an den Überbau letzterer nicht während einer seismischen Anregung von seinen Auflagern rutschen kann. Auf der anderen Seite, ist eine solche Konstruktion empfindlich auf differentielle Setzungen der Pfeiler. Zudem können tektonische Bewegungen zu zerstörerischen Folgen für den Überbau führen. Die Tatsache, dass die Momente infolge einer seismischen Belastung wegen des monolithischen Anschlusses des Brückenüberbaus mit den Pfeilern auch im Überbau auftreten, führt zu größeren und damit unwirtschaftlicheren Querschnitten des Überbaus. Ein Brückenüberbau, der aus vorgefertigten und in der Regel vorgespannten Balken besteht, hat die folgenden Vorteile: Vorfertigung der Konstruktionselemente, schnelle Bauzeit und besseres Aufnehmen von Setzungen der Pfeiler. Der Überbau von Balkenbrücken wird in der Regel auf Elastomerlagern, die als seismische Isolierung für den Brückenüberbau funktionieren, gelagert. Die Nachteile dieses Systems sind die großen Biegemomente in Feldmitte, die Absturzgefahr des Überbaus während der seismischen Anregung, und die asynchrone dynamische Antwort und Interaktion zwischen den Teilen. Ein Brückenüberbau als Gerberträger, bietet zwar die beste Verteilung der Momente, dafür besteht aber die Gefahr, dass der Überbau während eines Erdbebens wegen der geringen Auflagerbreiten von den Lagern geschoben wird. Die Gründung sollte in Zusammenarbeit einem Spezialisten des Fachgebiets Bodenmechanik ausgewählt werden. Die Wahl wird weitgehend durch die Bodeneigenschaften bestimmt.

Die seismische Planung betrifft hauptsächlich die Kapazitätsbemessung der Stützen und die Berechnung einer ausreichenden Auflagerbreite des Überbaus, wenn er nicht monolithisch mit den Widerlagern oder mit den Pfeilern verbunden ist. Im Allgemeinen wird eine elastoplastische Be-



messung der Querschnitte durchgeführt. Spröde Versagensarten werden generell verboten. Fließgelenke dürfen nur an den Pfeilern und auch an Stellen mit geringer nominierter Druckkraft zur Sicherstellung eines duktilen Verhaltens entstehen. Der Brückenüberbau sollte möglichst im elastischen Bereich bleiben. Es ist nicht erforderlich, dass sich Fließgelenke an allen Stützen auszubilden, aber, dass das optimale Verhalten des Bauwerkes erreicht wird, wenn plastische Gelenke gleichzeitig an so vielen Stützen wie möglich entwickeln. Außerdem, sollten Fließgelenke nur an Stellen auftreten, die zugänglich für Inspektion und Reparatur sind. Wenn der Brückenüberbau auf den Pfeilern oder auf den Widerlagern mit Elastomerlagern gelagert ist, sollten die Pfeiler und die Widerlager im elastischen Bereich bleiben.

Die elastoplastische Bemessung erfordert die Verwendung des Verhaltensbeiwerts. Die Werte des Verhaltensbeiwerts sind in Tabelle 4.1 (EC8-2) zu finden, Die Wahl des Werts kann aber erst getroffen werden, wenn sichergestellt ist, dass die ausgewählten Stellen für die Fließgelenkentwicklung zugänglich für Inspektion und Reparatur sind. Der Verhaltensbeiwert ist mit Einschränkungen anzuwenden: für nominierte Druckkraft zwischen 0,3 und 0,6 sollte ein reduzierter Wert (EC8-2, Beziehung 4.2) für den Verhaltensbeiwert verwendet werden. Für fest und starr mit dem Boden verbundene Elemente, wie die Widerlager sind, ist der Verhaltensbeiwert gleich 1,0. Für die vertikale Richtung gilt ebenso ein Wert von  $q=1,0$ .

Für Brücken mit Elastomerlagern werden die Gesamtsteifigkeit und die globalen Verschiebungen des Systems durch Überlagerung mit denen der Stützen und des Elastomerlagers berechnet. Die Beziehungen für die Steifigkeiten von Querschnitten und Elastomerlagern werden in Anhang C und J der Eurocode angegeben. Die Berechnung der Steifigkeit eines Elastomerlagers berücksichtigt die reduzierte Auflagerbreite des Auflagers während der seismischen Anregung. Effekte zweiter Ordnung können durch die Verwendung von vereinfachten Beziehungen getroffen werden (EC8-2, §5.4).

Die Kapazitätsbemessung zielt darauf ab:

- ein duktilen Verhalten des Bauwerks;
- die hierarchische Bemessung der Stärke der Elemente, damit sich die Fließgelenke an den geplanten Stellen entwickeln können;
- die Vermeidung von spröden Versagen um damit schlagartigen Versagen sicherzustellen.

Die Bemessungsvorgehensweise besteht aus drei Schritten (EC8-2, Anhang G):

**Schritt 1:** Berechnung der Bemessungs-Biegefestigkeiten  $M_{Rd,h}$  der Querschnitte der beabsichtigten plastischen Gelenke, entsprechend der betrachteten horizontalen Richtung der seismischen Einwirkung ( $A_E$ ) mit dem entsprechenden Vorzeichen (+ oder -). Die Festigkeiten müssen auf den

tatsächlichen Abmessungen der Querschnitte und dem endgültigen Ausmaß der Längsbewehrung basieren. Die Berechnung muss die Interaktion mit der Normalkraft und möglicherweise dem Biegemoment in der Querrichtung berücksichtigen, die beide aus der Berechnung in der Erdbeben-Bemessungssituation resultieren.

**Schritt 2:** Berechnung der Änderung der Zustandsgrößen  $\Delta A_c$  des plastischen Mechanismus, entsprechend der Erhöhung der Momente der plastischen Gelenke ( $\Delta M_h$ ), aus (a) den Werten aufgrund der ständigen Einwirkungen ( $M_{G,h}$ ) und (b) den Überfestigkeitsmomenten der Querschnitte. Die Zustandsgrößen  $\Delta A_c$  dürfen in der Regel aus den Gleichgewichtsbedingungen berechnet werden, während angemessene Näherungen bezüglich der Kompatibilität der Verformungen akzeptabel sind.

**Schritt 3:** Die endgültigen Zustandsgrößen der Kapazitätsbemessung  $A_c$  müssen durch Überlagerung der Änderung  $\Delta A_c$  mit der ständigen Einwirkung  $A_G$  bestimmt werden:

$$A_c = A_G + \Delta A_c$$

Wenn das Biegemoment infolge von ständigen Einwirkungen an dem plastischen Gelenk vernachlässigbar gegenüber der Biegemomentüberfestigkeit des Querschnitts ist ( $M_{G,h} \ll \gamma_o \cdot M_{Rd,h}$ ), darf eine direkte Schätzung der Schnittkräfte  $\Delta A_c$  aus der Erdbeben-Bemessungseinwirkung AE ermittelt werden. Dies ist üblicherweise in Querrichtung des Pfeilers der Fall, oder in beiden Richtungen wenn die Pfeiler gelenkig mit dem Überbau verbunden sind (G.2 - Vereinfachte Annahmen).

An Auflagern, wo unter seismischen Bedingungen relative Verschiebungen zwischen gestützten und stützenden Bauteilen beabsichtigt sind, muss eine Mindestüberlappungslänge vorgesehen werden. Die Überlappungslänge muss so gewählt werden, dass die Funktion des Lagers unter extremen seismischen Verschiebungen sichergestellt ist. An einem Endauflager (am Widerlager) kann die Mindestüberlappungslänge  $l_{ov}$  als die Summe der folgenden Größen angenommen werden:  $l_{ov} = l_m + d_{eg} + d_{es}$  (6.12), wo:

- $l_m$  die Mindestlänge des Lagers zur Sicherstellung der sicheren Übertragung der vertikalen Auflagerkraft, jedoch nicht kleiner als 400 mm;
- $d_{eg}$  die effektive Verschiebung der beiden Teile infolge der räumlichen Veränderlichkeit der seismischen Bodenbewegungen (6.13);
- $d_{es}$  die effektive seismische Verschiebung des Auflagers infolge der Bauwerksverformung (6.15a-b).

Die Bemessungsverschiebung  $d_g$ , die für die Berechnung der Größe  $d_{eg}$  erforderlich ist lässt sich nach EN 1998-1:2004, 3.2.2.4 berechnen. Der Abstandparameter  $L_g$  wird im Nationalen Anhang gegeben. Die gesamte effektive Masse in einer Horizontalen Richtung eines im Wasser stehenden Pfeilers sollte die Summe der folgenden Anteile sein:

- Die tatsächliche Masse des Pfeilers;
- Die möglicherweise im Pfeiler eingeschlossene Wassermasse;
- Die zusätzliche Masse  $m_a$  von dem mitbewegten Wasser je Längeneinheit des im Wasser stehenden Pfeilers (Anhang F).

**Kanalbrücken:** Kanalbrücken sind ein Sonderfall der Brückenbemessung. Sie sind mit Wasser gefüllte Trogbrücken, in denen Schiffen überfahren können. Die Wassermasse verursacht zusätzliche hydrodynamische Drücke und beeinflusst somit das Schwingungsverhalten der Brücke. Die Bemessung für die Erdbebenbeanspruchung sollte die Regeln für Hochbehälter (EC8- 4, Anhang A.6) und Brücken gleichzeitig (EC8-2) berücksichtigen. Das Wasservolumen teilt sich hier ebenso in einen impulsiven und einen konvektiven Anteil, wie es für normale Tankbauwerke festgelegt wurde, die mit äquivalenten Massen modelliert werden können.

**Talsperren:** Die Eurocodes verfügen über keine Auslegungen für die Erdbebenbemessung von Talsperren. Weltweit erfolgt die seismische Analyse von Talsperren Richtlinien, die von den jeweils zuständigen Behörden erfasst wurden. In Deutschland wurde dafür die DIN 19700 Normen-Serie eingeführt, die auch die Erdbebenbeanspruchung der Talsperren umfasst. Die wichtigsten Punkte der DIN 19700-10/-11 werden hier zusammengefasst.

Die Talsperren werden in zwei Klassen nach ihrer Höhe und Stauraum kategorisiert; die Klasse 1 betrifft die Talsperren die höher als 15m sind oder einen Stauraum mehr als  $10^6 \text{m}^3$  verfügen; die restlichen Talsperren gehören zu der Klasse 2. Das Bemessungserdbeben ergibt sich aus einer Wiederkehrperiode  $T=2500a$  für die Klasse 1 und aus einer Wiederkehrperiode  $T=1000a$  für Klasse 2. Das Betriebserdbeben ergibt sich für  $T=500a$  für die Klasse 1 und für  $T=100a$  für die Klasse 2. Die entsprechenden Referenzwerte der Bodenspitzebeschleunigung können entweder den Erdbebengefährdungskarten von Geoforschung Zentrum Potsdam (Grünthal) entnommen oder durch seismische Gutachten bestimmt werden. Nach DIN 19700-10 kann auf den Erdbebennachweis verzichtet werden, wenn der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung kleiner als 4% der Erdbeschleunigung ist (d.h.  $<0,39 \text{ m/s}^2$ ). DIN 19700-11 erlaubt es, ein vereinfachtes Verfahren für die Erdbebeneinwirkung mit quasi-statischen Ersatzlasten zu führen, die mit dem 1,0-fachen Wert der Bodenbeschleunigung ermittelt werden dürfen. Dies gilt auch für Absperrbauwerke von Talsperren der Klasse 1 bis 40m Höhe, wobei bei Staumauern mit dem 2,5-fachen Wert der Bodenbeschleunigung zu rechnen ist. Bei höheren Absperrbauwerken ist eine Untersuchung des Tragwerkes mittels dynamischer Berechnungsmodelle erforderlich.

## Literatur

- EN 1998-1:2004 + AC:2009, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009.
- DIN EN 1998-2:2005 + A1:2009 + AC:2010, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 2: Brücken; Deutsche Fassung EN 1998-2:2005 + A1:2009 + AC:2010.
- DIN EN 1998-4:2007, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen; Deutsche Fassung EN 1998-4:2006.
- DIN EN 1998-5:2004; Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte; Deutsche Fassung EN 1998-5:2004.
- DIN 19700-10:2004, Stauanlagen. Teil 10: Gemeinsame Festlegungen.
- DIN 19700-11:2004, Stauanlagen. Teil 11: Talsperren.



## Anwendungsfreundliche Tragwerksnormen

Prof. Dr.-Ing. V. Sigrist (TU Hamburg-Harburg)

### Einleitung

Zum 1. Juli 2012 wurde in Deutschland das erste große Paket der Eurocodes bauaufsichtlich eingeführt. Damit hat sich die Anzahl der Normen und mitgeltenden Empfehlungen gegenüber früher deutlich erhöht, denn die europäischen Normen sind in der Regel umfangreicher als die Vorläufordokumente und nur in Kombination mit den sogenannten Nationalen Anhängen anwendbar. Mit Blick auf diesen Normenwechsel wurde von 2009 bis 2011 auf Initiative des Verbandes der Beratenden Ingenieure (VBI) und der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik e.V. (BVPI) im Rahmen der Initiative "Zukunft Bau" des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung ein Forschungsprojekt durchgeführt. Die Untersuchungen bezogen sich auf das Programm der sogenannten Tragwerksnormen (Eurocodes), und die Bearbeitung umfasste folgende drei Themenschwerpunkte:

- Analyse der heutigen Situation und Klärung der Randbedingungen für das Normenschaftern in Europa und Deutschland,
- Entwicklung eines Konzepts für zukünftige Normen (technische Ebene),
- Erarbeitung eines Vorschlags für die Organisation des Normenschafterns (organisatorische Ebene).

Die Forschungsarbeiten wurden koordiniert durch die Projektleitung (Dr.-Ing. V. Cornelius, Dr.-Ing. K. Morgen, Prof. Dr. Viktor Sigrist, Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler) und begleitet durch den Beirat (Dipl.-Phys. Dr.-Ing. Karlhanns Gindele, Dipl.-Ing. Erich Jasch, MR Joachim Naumann, TRDir'in Dipl.-Ing. Brit Colditz, Prof. Dr.-Ing. E.h. Manfred Nussbaumer, Prof. Dr.-Ing. Karl G. Schütz, Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner). Die wichtigsten Ergebnisse sind nachfolgend zusammenfassend dargestellt; ausführlich nachzulesen sind sie in [1].

### Ausgangslage

Im Gegensatz zu Produktnormen, die insbesondere die Reproduzierbarkeit und Qualität gewährleisten, stellen Tragwerksnormen für die entwerfenden Ingenieure eine gemeinsame Grundlage zur Bestimmung der Sicherheit der von Ihnen gestalteten Bauwerke dar. Den Tragwerksnormen können drei Hauptfunktionen zugewiesen werden:

- **Ordnungsfunktion:** Es werden die Hierarchie und der Umfang der zu betrachtenden Regelwerke festgelegt.
- **Informationsfunktion:** Durch Normen wird die Kommunikation zwischen den an einem Bauprojekt Beteiligten erleichtert. Auch geben Normen Auskunft zum Stand der Technik.

- **Vereinheitlichungsfunktion:** Durch die Vorgabe von Analyse- und Nachweisverfahren wird eine gemeinsame Basis geschaffen, die den Vergleich und die Bewertung der rechnerisch ermittelten Sicherheiten erlaubt.

Die für die Normung auf nationaler und internationaler Ebene in Deutschland zuständige Organisation ist durch Normenvertrag vom 5. Juni 1975 das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN). Im Prinzip kann die Erstellung einer Norm von jedermann beim DIN e.V. beantragt werden. Die Erstellung hat jedoch bestimmten formalen Grundsätzen zu folgen, die in DIN 820 festgelegt sind. Sofern für eine beantragte Norm ein nationales Interesse besteht, wird sie zur weiteren Bearbeitung an den Lenkungsausschuss des zuständigen Fachbereichs weitergeleitet. Nach positiver Prüfung leitet dieser das Projekt an den zuständigen Arbeitsausschuss, in den alle an der Norm interessierten Kreise eingebunden sind, weiter. Wird eine Norm verabschiedet, so hat dies im Konsens zu erfolgen, um damit dem rechtlichen Anspruch zu genügen, dass die Norm die **anerkannten Regeln der Technik** dokumentieren soll. Sofern die beantragte Norm in einem europäischen oder internationalen Kontext steht, ist der Normenausschuss auch gleichzeitig Ansprechpartner für Projekte gleichen Inhalts auf europäischer oder internationalen Ebene.

### Anforderungen an Tragwerksnormen

Die Tragwerksnormen (Grundlagen-, Einwirkungs- und Bemessungsnormen) nehmen innerhalb des Normenwerks eine besondere Stellung ein. Die Anforderungen an diesen Normentyp lassen sich wie folgt umschreiben:

- **Sicherheit:** Die rechnerisch einzuhaltenden Sicherheiten sind festzulegen.
- **Vereinheitlichung:** Für die Nachweisverfahren sind einheitliche Prinzipien zu definieren.
- **Rechtssicherheit:** Es sind die anerkannten Regeln der Technik zu dokumentieren.
- **Qualitätssicherung:** Die Anwendung soll die Einhaltung von Mindeststandards garantieren.

Es ist folglich ein verbindliches Sicherheitsniveau einzuhalten, damit für die Ersteller und Nutzer des Bauwerks eine Gefahr für Leib und Leben (mit einem gesellschaftlich akzeptierten Restrisiko) ausgeschlossen werden kann. Die Sicherheit soll mithilfe vereinheitlichter Ausgangsparameter und Vorgehensweisen berechnet werden. Auf diese Art soll die wirtschaftliche Bemessung einer Konstruktion unter Einhaltung einer definierten Qualität gewährleistet werden. Hinsichtlich Tragwerksicherheit und -qualität stellen die Normen für die Anwender damit eine rechtlich verlässliche Grundlage dar.

Darüber hinaus sind Normen auch ein Hilfsmittel, das die tägliche Arbeit der Planer (Ingenieure) erleichtern soll. Durch die in den Normen beschriebenen Vorgehensweisen und Berechnungsverfahren sollen Arbeitsaufwand und mögliche bzw. erforderliche Planungs- und Rechengenauigkeiten in ein sinnvolles Verhältnis gebracht werden. Im Falle stark streuender oder schwer zu erfassender Eingangswerte erweisen sich nicht selten einfache und übersichtliche Berechnungen als

ausreichend genau. Auf keinen Fall sollen Normen den Charakter von Fach- oder Lehrbüchern haben; sie sind nicht dafür gedacht, die neusten Forschungsergebnisse darzustellen. Aus formaler Sicht bestehen folgende Anforderungen an die Tragwerksnormen:

- **Lesbarkeit:** Normentexte sollen gut lesbar, leicht verständlich und knapp gehalten sein.
- **Einheitlichkeit:** Normen sollen sich auf einheitliche Grundlagen beziehen, einheitliche Fachbegriffe verwenden und eine einheitliche Dokumentengliederung aufweisen.
- **Nachvollziehbarkeit:** Die den Analyse- und Nachweisverfahren zugrunde liegenden (physikalischen) Zusammenhänge sollen erkennbar bleiben.
- **Eindeutigkeit:** Pro Fragestellung soll es ein (ggf. mehrstufiges) Verfahren geben, das eindeutige Ergebnisse liefert.

Da neue Normen in der Regel in einem internationalen Kontext und somit zunächst in englischer Sprache verfasst werden, kommt der sprachlichen Sorgfalt (z.B. bei der Übersetzung) eine besondere Bedeutung zu. Normen dienen schließlich auch, was nicht unwesentlich ist, der Verständigung und müssen allein schon deshalb begrifflich konsistent sein.

## Empfehlungen zur Verbesserung der Tragwerksnormen

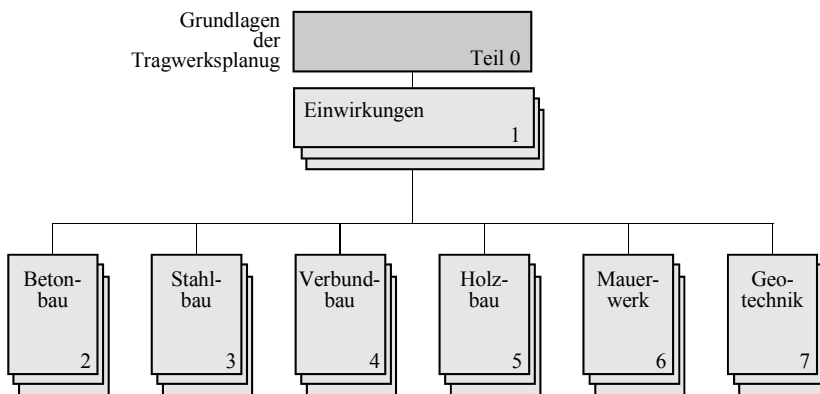
### Struktur und Gliederung

Das europäische Normenprogramm für den Tragwerksbau umfasst viele Dokumente, die sich grundsätzlich aber folgenden drei Gruppen von Normen zuordnen lassen:

- **Tragwerksnormen:** Grundlagen, Einwirkungen auf Tragwerke sowie Bemessungsnormen.
- **Normen für Baustoffe, Bauprodukte und die Ausführung:** Baustoffe (z.B. Beton, Stahl), Bauweisen (z.B. Betonbau, Stahlbau) und spezielle Anwendungsgebiete (z.B. Hochbau, Brückenbau).
- **Prüfnormen:** Technische Prüfung von Baustoffen und Bauprodukten.

Dieses Konzept des CEN soll auch in Zukunft die Grundlage für die Strukturierung der Tragwerksnormen darstellen. Eine anzustrebende Verbesserung betrifft die Hierarchie innerhalb der Normen, in die auch die Geotechnik auf die gleiche Stufe wie die anderen Bauweisen gestellt wird. Ein entsprechender Vorschlag ist in Bild 1 dargestellt.





**Bild 1:** Empfohlene Struktur der Tragwerksnormen

Die Grundlagen der Tragwerksplanung bilden die Basis zur Nutzung des gesamten Regelwerks. Das Dokument 0 ist allen weiteren Normen übergeordnet und umfasst neben den Grundsätzen, z. B. zur Festlegung repräsentativer Werte oder zum Sicherheitskonzept, auch die prinzipielle Vorgehensweise bei der Bemessung von Tragwerken. Regelungen zu den Einwirkungen werden der Dokumentengruppe 1 zugeordnet, die mehrere Teile umfasst, so dass eine klare Gliederung nach Arten von Einwirkungen und Anwendungsfällen möglich ist. Für Brand- und auch Erbebeeinwirkungen sollten separate Teile dieser Norm erstellt werden.

Eine Norm, die bezogen auf eine Bauweise (z.B. Stahlbau) die Tragwerksanalyse und die Bemessung zum Gegenstand hat, wird als Bemessungsnorm bezeichnet. Die Bemessungsnormen sollen alle gängigen Bauweisen, d.h. den Betonbau, den Stahlbau, den Stahl-Beton-Verbundbau, den Holzbau, das Mauerwerk und auch die geotechnischen Bauwerke umfassen. Jede dieser Normen soll in verschiedene Teile gegliedert sein. Aus heutiger Sicht ist eine Gliederung in vier Teilen sinnvoll; wünschenswert wäre der in Tabelle 1, beispielhaft für den Beton- und Stahlbetonbau, dargestellte Aufbau.

**Tabelle 1:** Möglicher (modifizierter) Aufbau der Norm "Beton- und Stahlbetonbau"

<b>1</b>	<b>Beton- und Stahlbetonbau - Teil 1</b>
1.1	Allgemeine Bemessungsregeln
1.2	Besonderheiten für den Brückenbau
1.3	Besonderheiten für den Behälter- und Silobau
<b>2</b>	<b>Beton- und Stahlbetonbau - Teil 2</b>
2.1	(z.B.) Ergänzende Regeln für Stahlfaserbeton
2.2	(z.B.) Ergänzende Regeln für ultrahochfesten Beton
2.3	(z.B.) Ergänzende Regeln für die Befestigungstechnik
<b>3</b>	<b>Beton- und Stahlbetonbau - Teil 3</b>
3.1	Bemessung für den Brandfall
<b>4</b>	<b>Beton- und Stahlbetonbau - Teil 4</b>
4.1	Bemessung für Erdbeebeeinwirkung

Für die Geotechnik ergeben sich einige Besonderheiten, die darauf zurückzuführen sind, dass in der Regel mit dem natürlich anstehenden Baugrund gearbeitet werden muss, dessen Eigenschaften nur in engen Grenzen veränderbar sind. Hinzu kommt, dass Einwirkungen gleichzeitig auch Widerstände sein können und in den Grenzzustandsgleichungen für die einzelnen geotechnischen Konstruktionen die Widerstände meist als aus den Materialfestigkeiten abgeleitete summarische Größen eingesetzt werden. Dies erschwert es, die Struktur der Bemessungsnormen direkt für diese Anwendungen zu übernehmen. Dennoch ist ein zumindest analoger Aufbau anzustreben.

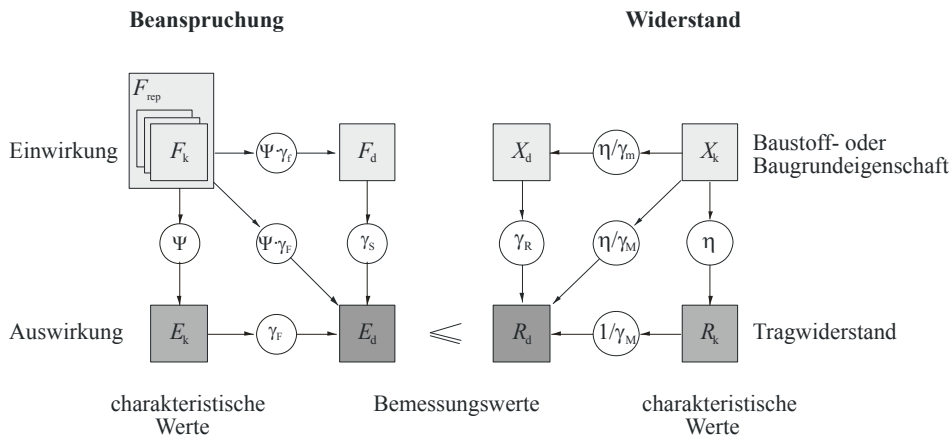
## **Sicherheitskonzept und Bemessungsverfahren**

Heutige Normen bauen auf dem semiprobabilistischen Sicherheitskonzept auf, das eine Nachweisführung mit Teilsicherheitsbeiwerten verlangt und der Idee folgt, die deterministisch festgelegten Einflussgrößen (z.B. Lasten, Festigkeiten) anhängig von der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens in der Berechnung zu berücksichtigen. Über die Teilsicherheitsbeiwerte werden vereinfachend die Streuungen der Werkstoffeigenschaften, der geometrischen Größen und der Lasten, aber auch die Ungenauigkeiten der Last- und Widerstandsmodelle erfasst. Die zu führenden Nachweise betreffen die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit. Für die Tragfähigkeit sind folgende Typen von Grenzzuständen zu betrachten:

- der Verlust der Lagersicherheit (EQU),
- das Versagen des Tragwerks bzw. seiner Bauteile (STR),
- das Versagen (oder übermäßiges Verformen) des Baugrundes (GEO) und
- das Ermüdungsversagen des Tragwerks bzw. seiner Bauteile (FAT)

In der Geotechnik können zudem der Verlust der Lagersicherheit (UPL) und das Versagen durch hydraulischen Grundbruch (HYD) von Bedeutung sein. Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) beinhaltet die Einhaltung der sogenannten Gebrauchsgrenzen. Die Nachweisführung besteht im Allgemeinen darin, Bemessungswerte der Auswirkungen (bzw. von Beanspruchungen) mit jenen der Widerstände zu vergleichen. Hierzu sind die jeweils charakteristischen Werte mit den Teilsicherheitsbeiwerten zu erhöhen bzw. zu vermindern; Bild 2 zeigt das hierfür im Rahmen der Arbeiten an den Eurocodes entwickelte Schema. Es wird deutlich, dass das Bilden der Bemessungswerte auf verschiedenen Wegen erfolgen kann.

Im Umgang mit den Einwirkungen ermöglicht es das semiprobabilistische Sicherheitskonzept, einwirkungsabhängige Teilsicherheitsbeiwerte festzulegen, die auf probabilistischen Untersuchungen basieren und somit die jeweiligen Streuungen berücksichtigen. Zudem können die Einwirkungen unter individueller Berücksichtigung von Unsicherheiten miteinander kombiniert werden. Mit dieser Vorgehensweise steigt auf jeden Fall der Berechnungsaufwand, nicht aber zwangsläufig die Genauigkeit.



**Bild 2:** Möglichkeiten Bemessungswerte zu bilden

Ein häufig vorgebrachter Kritikpunkt betrifft die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen: Beim Nachweis der Tragfähigkeit betragen diese üblicherweise  $\gamma_F = 1,35$  für Eigenlasten und  $\gamma_F = 1,50$  für Nutz- oder Verkehrslasten. Ein vereinfachtes Vorgehen, bei dem (falls Proportionalität zwischen Einwirkung und Auswirkung besteht) die Teilsicherheitsbeiwerte durch einen einzigen Wert  $\gamma_F$  ersetzt werden könnten ist ebenfalls zulässig. Unter der Annahme, dass sich auch die Unsicherheiten der Widerstandsseite mit nur einem Sicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  abdecken lassen, kann (wenn die Kombinationsbeiwerte vorerst unberücksichtigt bleiben) mit dem Produkt  $\gamma_F \cdot \gamma_M$  gearbeitet werden.

Eine weitere wichtige Komponente des Sicherheitskonzepts sind die Kombinationsregeln (mit den Kombinationsbeiwerten  $\psi$ ). Die Einführung der Kombinationsregeln sorgt in der Praxis für Unmut, wobei kritisiert wird, dass die Anzahl der Regeln und der Kombinationswerte zu groß ist, was die Interpretation der (vom Computer berechneten) Ergebnisse deutlich erschwert. Auf der Grundlage von Vergleichsrechnungen lassen sich vereinfachte Kombinationsregeln ableiten. Für übliche Fälle und bekannte Bauaufgaben (z.B. Hochbau) könnte zum Beispiel mit einem (universellen) Kombinationsbeiwert gearbeitet werden.

In der Geotechnik wurde in DIN 1054 (2010) ebenfalls die Möglichkeit eröffnet, die Einwirkungen mit Kombinationsbeiwerten zu versehen. Die in der Tragwerksplanung ermittelten und bereits mit Kombinationsbeiwerten versehenen repräsentativen Einwirkungen sollen so direkt übernommen werden können. Da bei geotechnischen Einwirkungen die ständigen Einwirkungen aus Erd- und Wasserdruck in der Regel dominieren, ist der Einfluss von Kombinationsbeiwerten auf das Ergebnis häufig gering.

## Empfehlungen zur Verbesserung der Normungsarbeit

Im Bezug auf die Normungsarbeit sollte eine personelle und zeitliche Intensität der Beschäftigung erreicht werden, die dem Ziel und Anspruch gerecht wird. Dazu braucht es Vertreter der interessierten Kreise, insbesondere aus dem Umfeld der ausführenden Firmen und Ingenieurbüros, die in

der Lage sind, die entsprechende Arbeit zu leisten. Dass diese hoch qualifizierte Tätigkeit vergütet werden muss, versteht sich von selbst. Für die Organisation dieser Zuarbeit bieten sich zwei grundsätzlich verschiedene Wege (Modelle) an:

- Beim **Support-Modell** tragen möglichst alle an der Normung interessierten Kreise zur Finanzierung eines Fonds bei. Jedem der Hauptnormungsausschüsse des DIN e.V. wird sodann ein Budget zur Verfügung gestellt, aus dem bei Bedarf Aufträge mit klar umrissener Aufgabenstellung an fachkundige Ingenieure vergeben werden können. Um diese Aufträge zu koordinieren, soll dauerhaft ein Geschäftsführer beschäftigt werden. Insgesamt entspräche dieses Modell einer (professionellen) Erweiterung der bestehenden DIN-Ausschüsse.
- Beim sogenannten Verbände-Modell soll die Zuarbeit interessenorientiert von den in ihrer Arbeit am stärksten betroffenen Gruppen erfolgen.

Varianten A: Das **übergreifende Verbände-Modell**. Hierfür gründen die Fachverbände eine Organisationseinheit, in der die Zuarbeit zur Normung stattfinden soll. Die Mitarbeiter werden von Mitgliedsunternehmen für eine gewisse Zeitspanne entsandt oder eigens eingestellt; sie unterstehen dem Geschäftsführer. Für die Arbeit gilt das Solidaritätsprinzip, das besagt, dass alle Fachverbände die Arbeit, unabhängig davon, welches Themengebiet gerade schwerpunktmäßig bearbeitet wird, unterstützen. Die Definition der fachlichen und strategischen Leitlinien erfolgt in Abstimmung mit einem Lenkungsausschuss.

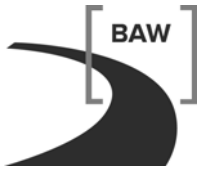
Variante B: Das **fachgruppenbezogene Verbände-Modell**. Um den doch sehr unterschiedlichen Interessen der Verbände Rechnung zu tragen, werden die Aktivitäten dem Engagement der einzelnen Fachbereiche angepasst. Dies bedeutet, dass die Fachverbände lediglich diejenigen Aktivitäten mitfinanzieren, die in ihrem engeren Interessenbereich liegen. Die zeitlich befristeten Arbeiten werden von Mitarbeitern aus Unternehmen erbracht; bei Bedarf können der Projektgruppe auch Externe beigelegt werden. Aus den Beiträgen der einzelnen Gruppen wird eine Umlage einbehalten, aus der ein hauptamtlicher Geschäftsführer bezahlt werden kann, der, gemeinsam mit dem Lenkungsausschuss, die Aktivitäten koordiniert.

Anzumerken ist, dass noch während der Bearbeitungszeit des Projekts (am 13. Januar 2011) die Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e.V. (kurz: "**PraxisRegelnBau**") gegründet wurde (Pressemitteilung des DBV vom 18.01.2011). Daran beteiligt sind Fach- und Planer-Verbände sowie die Bauindustrie und das Baugewerbe. Organisatorisch ist sie ähnlich wie fachgruppenbezogene Verbände-Modell aufgebaut.

Die Professionalisierung der Normungsarbeit ist die wirkungsvollste Methode zur nachhaltigen Verbesserung der Regelwerke. Dadurch ist ein kontinuierliches Arbeiten auf hohem Niveau möglich, und die Normungsarbeit kann beschleunigt werden. Alle diese Aktivitäten sind in enger Abstimmung mit dem nationalen Normungsinstitut DIN e.V. durchzuführen, wobei zunächst eine gemeinsame Strategie für anwendungsfreundliche und praxistaugliche Dokumente entwickelt werden sollte. Wichtiges Ziel ist es, die national entwickelten Konzepte frühzeitig in den europäischen

Normungsprozess einzubringen. Nationale Alleingänge widersprechen der europäischen Gesetzgebung und sind daher zum Scheitern verurteilt. Es empfiehlt sich, möglichst langfristige und professionelle Engagements der deutschen Vertreter zu ermöglichen, da es vermehrt auch darum gehen wird, die nationalen Interessen über längere Zeiträume hinweg und möglichst qualifiziert zu vertreten.

- [1] Sigrist, V., Ziegler, M.: *Entwicklung eines Leitfadens zur Erstellung anwendungsfreundlicher und praxistauglicher Bemessungsnormen*, Abschlussbericht des Forschungsvorhabens SF – 10.08.18.7-09.3 / II 2 – F 20-08-01-049, Verband Beratender Ingenieure, Berlin, 2011.



Bundesanstalt für Wasserbau  
Eurocodes für den Verkehrswasserbau  
8. und 9. Oktober 2012 in Karlsruhe

## **Notizen**









Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung



**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

Kußmaulstraße 17 · 76187 Karlsruhe  
Tel. + 49 (0) 721 97 26-0 · Fax +49 (0) 721 97 26-45 40

Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg  
Tel. +49 (0) 40 81 908-0 · Fax +49 (0) 40 81 908-373

[www.baw.de](http://www.baw.de)